



Informazioni su questo libro

Si tratta della copia digitale di un libro che per generazioni è stato conservata negli scaffali di una biblioteca prima di essere digitalizzato da Google nell'ambito del progetto volto a rendere disponibili online i libri di tutto il mondo.

Ha sopravvissuto abbastanza per non essere più protetto dai diritti di copyright e diventare di pubblico dominio. Un libro di pubblico dominio è un libro che non è mai stato protetto dal copyright o i cui termini legali di copyright sono scaduti. La classificazione di un libro come di pubblico dominio può variare da paese a paese. I libri di pubblico dominio sono l'anello di congiunzione con il passato, rappresentano un patrimonio storico, culturale e di conoscenza spesso difficile da scoprire.

Commenti, note e altre annotazioni a margine presenti nel volume originale compariranno in questo file, come testimonianza del lungo viaggio percorso dal libro, dall'editore originale alla biblioteca, per giungere fino a te.

Linee guida per l'utilizzo

Google è orgoglioso di essere il partner delle biblioteche per digitalizzare i materiali di pubblico dominio e renderli universalmente disponibili. I libri di pubblico dominio appartengono al pubblico e noi ne siamo solamente i custodi. Tuttavia questo lavoro è oneroso, pertanto, per poter continuare ad offrire questo servizio abbiamo preso alcune iniziative per impedire l'utilizzo illecito da parte di soggetti commerciali, compresa l'imposizione di restrizioni sull'invio di query automatizzate.

Inoltre ti chiediamo di:

- + *Non fare un uso commerciale di questi file* Abbiamo concepito Google Ricerca Libri per l'uso da parte dei singoli utenti privati e ti chiediamo di utilizzare questi file per uso personale e non a fini commerciali.
- + *Non inviare query automatizzate* Non inviare a Google query automatizzate di alcun tipo. Se stai effettuando delle ricerche nel campo della traduzione automatica, del riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) o in altri campi dove necessiti di utilizzare grandi quantità di testo, ti invitiamo a contattarci. Incoraggiamo l'uso dei materiali di pubblico dominio per questi scopi e potremmo esserti di aiuto.
- + *Conserva la filigrana* La "filigrana" (watermark) di Google che compare in ciascun file è essenziale per informare gli utenti su questo progetto e aiutarli a trovare materiali aggiuntivi tramite Google Ricerca Libri. Non rimuoverla.
- + *Fanne un uso legale* Indipendentemente dall'utilizzo che ne farai, ricordati che è tua responsabilità accertarti di farne un uso legale. Non dare per scontato che, poiché un libro è di pubblico dominio per gli utenti degli Stati Uniti, sia di pubblico dominio anche per gli utenti di altri paesi. I criteri che stabiliscono se un libro è protetto da copyright variano da Paese a Paese e non possiamo offrire indicazioni se un determinato uso del libro è consentito. Non dare per scontato che poiché un libro compare in Google Ricerca Libri ciò significhi che può essere utilizzato in qualsiasi modo e in qualsiasi Paese del mondo. Le sanzioni per le violazioni del copyright possono essere molto severe.

Informazioni su Google Ricerca Libri

La missione di Google è organizzare le informazioni a livello mondiale e renderle universalmente accessibili e fruibili. Google Ricerca Libri aiuta i lettori a scoprire i libri di tutto il mondo e consente ad autori ed editori di raggiungere un pubblico più ampio. Puoi effettuare una ricerca sul Web nell'intero testo di questo libro da <http://books.google.com>

N. 963 d'ordine
Sezione...
Sesto
Scaffale...
Palchetto

hw: 963

APPENDICE

ALLA MEMORIA

SULLA FORMAZIONE TERZIARIA

NELLA ZONA SOLFIFERA DELLA SICILIA

DI

SEBASTIANO MOTTURA

Ingegnere nel R. Corpo delle Miniere.



FIRENZE,

TIPOGRAFIA DI G. BARBÈRA.

1872.

BIBLIOTECA CENTRALE
"G. BOAGA"
FACOLTA' INGEGNERIA

MISC
B
2047

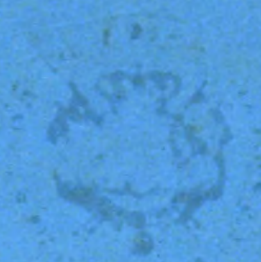
BIBLIOTECA CENTRALE
"G. BOAGA"
FACOLTA' INGEGNERIA

MISC

B

2046

UNIV. "LA SAPIENZA"



UBO 2596465

Misc B 2047

Inv: 963

APPENDICE

ALLA MEMORIA

SULLA FORMAZIONE TERZIARIA

NELLA ZONA SOLFIFERA DELLA SICILIA

DI

SEBASTIANO MOTTURA

Ingegnere nel R. Corpo delle Miniere.



FIRENZE,

TIPOGRAFIA DI G. BARBÈRA.

Via Faenza, N° 66.

1872.

10, H, 16

Estratto dal vol. II delle *Memorie del Regio Comitato Geologico*.

PREFAZIONE.

Nel primo volume delle *Memorie per servire alla descrizione della Carta Geologica d' Italia* trovasi inserito uno scritto sulla formazione terziaria nella zona solfifera della Sicilia. Due anni circa sono scorsi, dacchè io scrissi quella Memoria. In questo periodo di tempo essendo ritornato nell' isola per continuare i miei lavori ed i miei studii, potei visitare località non ancora vedute ed osservare fatti importanti, i quali, mentre servono a confermare le ipotesi emesse nella Memoria sulla formazione dello zolfo, dei calcari, dei gessi, del salgemma, delle piriti ec., dimostrano tuttavia che alcuni concetti dovrebbero essere in parte meglio sviluppati, in parte modificati.

Le modificazioni introdotte nell' interpretazione dei fenomeni che presenta la formazione terziaria in questa regione, l' esposizione delle nuove osservazioni, sono lo scopo di questa Appendice, la cui pubblicazione già fu annunciata nel *Bollettino geologico*.

Molte questioni trattate nella Memoria non sono nè anche più accennate in questa Appendice, la quale, considerata isolatamente, resta un lavoro senza nesso e composto di articoli isolati gli uni dagli altri.

Essa deve quindi essere in armonia colla Memoria sia per l' ordine, sia per il modo con cui sono trattate le materie, onde riesca intelligibile e serva a fare conoscere facilmente i difetti della prima pubblicazione.

CAPITOLO I.

SEZIONE TEORICA DEI TERRENI TERZIARI NELLA ZONA SOLFIFERA DELLA SICILIA.

La serie teorica dei terreni terziari nella zona solfifera della Sicilia indicata nella Memoria, è la seguente:

- | | | |
|---------------------------|---|--|
| <i>Pliocene.</i> | { | 1. Arenarie, Conglomerati, Sabbie e Marne.
2. Calcare grossolano chiamato <i>Tufo calcareo</i> .
3. Marne azzurrastre. |
| <i>Miocene superiore.</i> | { | 4. Calcare marnoso a foraminiferi, chiamato <i>Trubo</i> .
5. Gessi saccaroidi, Gessi cristallini e Gessi fogliettati, superiori al minerale di zolfo.
6. Calcare solfifero, Tufi e Gessi.
7. Calcare compatto alquanto siliceo.
8. Tripoli con scheletri di pesci, diviso qualche volta da uno straticello di Calcare marnoso e magnesiaco molto rassomigliante ai Trubi. |
| <i>Miocene medio.</i> | { | 9. Arenarie quarzose e micacee a polipai intercalate con Marne alquanto salate.
Conglomerati. |
| <i>Miocene inferiore.</i> | { | 10. Depositi di Salgemma.
11. Marne salate e gessose, azzurre, contenenti petrolio e sostanze bituminose.
12. <i>Riidda</i> o Terra saponaria — Calcare concrezionato con Silice.
13. Argille ferruginose e gessose con Scisti bituminosi ed Arragonite.
Arene ed Arenarie ferruginose e silicee. |
| <i>Eocene.</i> | { | 14. Calcare a Nummuliti alternante coll'Alberese contenente fucoidi e diaspri alternante con Argille molto scagliose. |

Questo quadro dovrebbe forse essere corretto nel modo seguente:

- | | | |
|---------------------------|---|--|
| <i>Miocene inferiore.</i> | { | 9. Arenarie quarzose e micacee a polipai, intercalate con Marne alquanto salate.
Conglomerati. |
| <i>Eocene superiore.</i> | { | 10. Depositi di Salgemma.
11. Marne salate e gessose, azzurre, contenenti petrolio e sostanze bituminose.
12. <i>Riidda</i> o Terra saponaria — Calcare concrezionato con Silice e con <i>Nummulites perforata</i> , alternante con
13. Argille ferruginose, gessose e scagliose, con Scisti bituminosi ed Arragonite, alternanti con
Arene, Arenarie ferruginose e silicee, Arenarie e Calcare a fucoidi. |
| <i>Eocene inferiore.</i> | { | 14. Calcare a Nummuliti alternante coll'Alberese che contiene diaspri. |

NOTA.— Le arenarie od argille ferruginose soprastanti all'alberese, essendo intercalate col calcare a *Nummulites perforata*, col calcare, colle arenarie ed argille a fucoidi, pare debbano essere riferite non al miocene ma all'eocene, affinchè la loro classificazione sia in armonia con quella che è adottata dalla massima parte dei geologi.

In tal caso i conglomerati, le arenarie e le marne con esse alternanti, classificate come miocene medio, pare che si debbano considerare come miocene inferiore, abbenchè alcuni geologi considerino le espressioni miocene inferiore ed eocene superiore come sinonime, non essendo ben definita la separazione delle formazioni miocenica ed eocenica.

Affinchè l'Appendice sia in relazione intima colla Memoria, continuerò a chiamare miocene inferiore e miocene medio i gruppi delle rocce considerati come tali nella Memoria suddetta, scrivendo qualche volta dopo miocene inferiore (eocene superiore) e dopo miocene medio (miocene inferiore), per ricordare al lettore che le espressioni fra parentesi dovrebbero probabilmente essere sostituite a quelle che le precedono, onde la classificazione delle rocce sia in armonia con quella che è adottata dalla maggior parte dei geologi.

TERRENO EOCENICO. — Le argille scagliose furono considerate nella Memoria come inferiori al calcare alberese ed al calcare a nummuliti, e come la base del terreno eocenico.

A questa proposizione fui condotto dall' esame della regione compresa tra Nicosia e Leonforte. Ivi le argille scagliose e ferruginose alternano con arenarie ferruginose, e formano un deposito avente una potenza superiore a due chilometri. In queste argille, verso il loro limite superiore, trovansi intercalati alcuni strati di un calcare identico all' alberese con alcuni straticelli di arragonite fibrosa, dimodochè da questa regione pare che le argille suddette costituiscano la base dell' eocene. Dall' esame di molte altre località consta invece che le argille scagliose debbono essere considerate come un deposito corrispondente alla formazione delle argille ferruginose e gessose del miocene inferiore, e quindi come superiori all' alberese. Nel passaggio da una formazione ad un' altra le rocce onde esse sono costituite alternano generalmente più volte tra loro, e non è che dall' esame di molte località, e specialmente di quelle ove le formazioni sono distinte ed acquistano il loro massimo sviluppo, che si può determinare la serie dei terreni.

Nei dintorni di Raddusa, di Rammacca e di Catenanuova ed in genere verso la Piana di Catania, essendo stato il terreno pliocenico distrutto quasi completamente ed il terreno solfifero distrutto in gran parte, poichè esso non costituisce più se non il cocuzolo di alcuni monti molto distanti fra loro, sia il miocene inferiore, che l' eocene possono essere esaminati nelle varie loro fasi, e ciò specialmente per la potenza notevolissima che assumono in questa regione le due formazioni sopraccennate. Egli è principalmente convergendo verso i monti Judica, Stanganello e Scalpello che si può osservare la serie dei terreni. I monti suddetti sono costituiti da un calcare di colore bigio a strati dello spessore di 20 a 40 centimetri, contenenti diaspri e selci che vi formano qualche volta straterelli intercalati con uno spessore variabile da 10 a 20 centimetri. Questi diaspri sono associati a cristalli di calcare spatico, il quale si trova spesso sotto forma di vene nella roccia calcarea. Essa presenta i caratteri tutti di quella che ho nella Memoria chiamata alberese, e che ho considerata come eocenica. Abbenchè la formazione calcarea sia ivi potentissima ed al Monte Judica superi i 200 metri, la sua base tuttavia non comparisce in alcun punto, dimodochè dal grado di sviluppo che la roccia assume in questa regione, si può ritenere che essa occupi il posto che le compete nella serie dei terreni. Al calcare succedono in ordine ascendente arenarie ferruginose aventi una potenza superiore a 100 metri, e queste sono alla loro volta coperte dalle argille scagliose, ferruginose e gessose, il cui spessore è superiore ad 800 metri.

La serie che si osserva partendo dal Monte Judica, che è il monte più elevato di questa regione, si osserva altresì partendo dai monti Scalpello e Stanganello poco distanti. Essa si verifica inoltre nelle regioni Mandre Bianche, Albospino, Figuzza ed in vari altri punti dei dintorni di Raddusa.

La stessa serie, si può osservare sul versante Sud della catena delle Madonie, ed al Monte Cammarata, dove la formazione calcarea sopraindicata raggiunge una potenza superiore a 300 metri; dimodochè dall' esame di tutte queste località, che, oltre all' essere molto distanti tra loro, presentano il massimo sviluppo che si possa osservare in questa

formazione, si deve concludere che il calcare chiamato alberese nella Memoria è inferiore alle arenarie ed argille ferruginose e scagliose.

Il calcare a nummuliti è sempre superiore all'alberese, tuttochè le due rocce siano insieme legate intimamente e, fatta eccezione dei fossili, abbiano comuni tutti i loro caratteri. La sovrapposizione del calcare a nummuliti all'alberese si può osservare sul Monte Fico d'India rappresentato in sezione nella Fig. 21 della Tav. IV della Memoria. Essa si osserva nel versante Sud della catena delle Madonie nei dintorni del Monte Marcassite presso Villarosa, nei citati dintorni di Raddusa ec. Il calcare a nummuliti presenta raramente una potenza superiore a 50 centimetri. In vari casi non si incontra che il calcare a *Nummulites perforata*, il quale alterna sempre colle argille ferruginose e gessose.

Tenendo conto di questa sovrapposizione del calcare a nummuliti alla roccia chiamata alberese, e della quantità considerevole di straterelli di quarzo-selce con questa roccia intercalati, pare che essa si debba riferire al terreno secondario e specialmente al terreno cretaceo. Osservando tuttavia che questi due calcari sono insieme legati intimamente in modo che il passaggio dall'uno all'altro non è distinto che dalla presenza od assenza dei nummuliti, che tutti gli straterelli onde sono formati, abbenchè siano tormentati in mille guise, sono fra loro in perfetta concordanza di stratificazione, che le vene di calcare spatico, i diaspri, le selci che formano un carattere litologico distintivo di questa formazione, si trovano tanto in un calcare che nell'altro, e che non di rado uno stesso straticello anche di piccolissimo spessore è formato per una metà di nummuliti e per l'altra metà del calcare sottostante, mi pareva, e mi pare che non si debbano separare geologicamente senza qualche argomento potente, ricavato o dalla stratigrafia o dalla paleontologia. In difetto di questi argomenti continuerò a chiamare alberese la roccia che come tale ho descritto nella Memoria, ed ho rappresentato nelle Fig. 21 e 22 della Tav. IV.

Già ho osservato che al Monte Cammarata, alle Madonie, al Monte Judica punti che, fatte poche eccezioni limitano unitamente al mare africano quasi tutta la zona solfifera, la potenza dell'alberese appare superiore a 300 metri. In queste località il suolo è stato sollevato ad una grande altezza, e per questa ragione appunto la formazione calcarea suddetta vi si mostra con una grande maestà ed un grande sviluppo. Essa spunta tuttavia nell'isola in moltissimi punti nella zona solfifera, sebbene in regola generale non sia scoperta per una grande estensione, e non faccia che capolino attraverso le arenarie ed argille ferruginose e gessose. Da questo fatto si può arguire che l'alberese tutto che mascherato dalle arenarie ed argille suddette, deve presentare nella zona solfifera una grande potenza ed una grande continuità.

Questo calcare è sempre più o meno argilloso e somministra nella cottura calci più o meno idrauliche, che si possono spesso impiegare con vantaggio nelle costruzioni. Le vene di calcare spatico, che attraversano questa roccia spesso in vari sensi, il difetto di uniformità nella sua struttura, fanno sì che nella cottura si riduca facilmente in frammenti che impediscono nei forni ordinarii la circolazione regolare dei gaz. Nei forni continui invece non troppo grandi, questo calcare, allorchè è scelto convenientemente

senza quarzo e rotto (nella rottura esso si spacca secondo le vene di calcare spatico, quando queste esistono, in pezzi di un diametro di 7 ad 8 centimetri) fornisce calci buonissime che possono in molti casi essere impiegate nelle pubbliche costruzioni.

Argille scagliose, ferruginose e gessose. — Più potente della formazione dell'alberese è quella delle arenarie e delle argille scagliose, ferruginose e gessose. Già ho accennato che tra Nicosia e Leonforte, questa formazione ha uno spessore non inferiore a due chilometri. Le arenarie ferruginose alternano in questa località colle argille scagliose in straterelli di 8 a 20 centimetri di spessore. In tutta la zona solfifera e ne' suoi dintorni, potentissimo è sempre questo deposito, specialmente quello delle argille e marne ferruginose e gessose. Esse si legano superiormente alle argille salifere e, sia le prime che le seconde, sono quasi ovunque ricchissime in sostanze organiche che colorano in nero od in azzurro queste formazioni, e che provengono dalle alghe marine e specialmente dalle fucoidi, come appare dalle numerose impronte che vi si incontrano.

Citerò a questo riguardo due sezioni, delle quali la prima è relativa al feudo Calaterj, tra Raddusa ed il Monte Judica (fig. 1°).

- a) rappresenta il calcare alberese;
- b) sono argille scagliose, ferruginose e gessose, con impronte di fucoidi;
- c) arenarie e calcari con impronte bellissime di fucoidi;
- d) è calcare dell'epoca solfifera bituminoso e povero di zolfo;
- e) sono gessi.

Le fucoidi (*Fucus intricatus*, *Fucus Targionii*) sono non solo nel feudo Calaterj, ma altresì nei feudi vicini, Figuzza ed Albospino nelle argille e nel calcare superiore a quello di Judica.

La fig. 4° rappresenta una sezione presso il ponte sul fiume Morello tra Castrogiovanni e Villarosa:

- aa) rappresenta il calcare alberese;
- c) sono arenarie ed argille ferruginose, gessose e scagliose, con scisti bituminosi, arragonite e pirite di ferro;
- b) sono argille ferruginose e gessose.

Il calcare alberese contiene ivi molte impronte di fucoidi. È probabile che gli scisti bituminosi rappresentino in questa località i residui di una quantità considerevole di fucoidi ivi accumulate e scomposte, come appare ancora da varie impronte che vi si possono osservare.

Da questa sezione appare che le argille scagliose, ferruginose e gessose, sono verso la loro base coll'alberese intercalate. La loro massima potenza od il loro massimo sviluppo si mostra tuttavia superiormente al calcare suddetto, dimodochè dall'esame di questa località appare che la formazione principale argillosa è alla formazione dell'alberese posteriore.

GESSI DEL MIOCENE INFERIORE. — Il solfato di calce associato colle argille ferruginose si presenta (Vedi la Parte I° della Memoria) sotto forma di lenti di 1 ad 8 centimetri di diametro o sotto forma di prismi a base romboidale. La massa principale tuttavia di

questo deposito è costituita da cristalli piccolissimi mascherati dalle argille e marne suddette.

Tutta la formazione delle argille ferruginose è ricchissima di solfato di calce; e quanto più il deposito di ferro è abbondante e puro, tanto maggiore è la quantità di gesso ad esso associato. Per potere determinare quanto grande sia la quantità di solfato di calce esistente nel miocene inferiore, bisognerebbe sottomettere all'analisi chimica molti saggi scelti convenientemente di queste argille e di queste marne, e quindi dalla media di queste analisi e dalla potenza della formazione argomentare alla massa di gesso in esso contenuta. Vi sono dei saggi in cui esso è mascherato dalle marne in modo che per distinguerlo bisogna osservarle da vicino ed attentamente, abbenchè dall'analisi consti che il solfato di calce vi è nella proporzione del 50 per cento. Si può avere un'idea della quantità di gesso racchiusa nelle marne stemprandole nell'acqua e lavando i cristalli rapidamente. Dall'esame che ho fatto, credo che si possa ammettere che la massa di gesso deposto dall'evaporazione delle acque del mare durante l'epoca del miocene inferiore in Sicilia, è capace di formare uno strato continuo per tutta la relativa zona avente uno spessore da 30 a 40 metri. Ciò nonostante questa formazione gessosa restò sempre nascosta a' miei sguardi per la quantità enorme di marna o di argilla al solfato di calce associata, e non è che dopo 7 anni di soggiorno nell'isola, ed *a priori*, cioè per mezzo di induzioni ricavate dallo studio della genesi dello zolfo, che sospettai la formazione di questo deposito e ne verificai poscia l'esistenza in moltissimi punti della Sicilia.

In varie località questa formazione è tuttavia così chiara e definita che mi pare cosa impossibile il non averla prima osservata. Egli è principalmente verso la base di questo deposito chimico, specialmente dove l'ossido di ferro si trova in abbondanza, che si può esaminare la formazione gessosa ora cennata.

Nella località rappresentata colla Fig. 21^a della Tav. IV, si può vedere chiaramente sopra il calcare a nummuliti il deposito ferruginoso e gessoso del miocene inferiore. Questa associazione intima si può osservare in moltissime località: citerò a questo riguardo una sola sezione all'Ovest di Raddusa (fig. 5^a).

a) rappresenta il calcare alberese;

b) sono le argille ferruginose e gessose del miocene inferiore. Esse passano superiormente alle argille salate;

c) sono i gessi dell'epoca solfifera.

Anche in questa località le argille ferruginose e gessose sono immediatamente superiori all'alberese, e col ferro vi si può osservare una quantità enorme di cristallini microscopici di gesso.

CALCARE CONCREZIONATO CON SILICE. — Il calcare concrezionato, o cavernoso, brecciato del miocene inferiore contiene spesso molte concrezioni silicee interposte ed è sempre sovrapposto al deposito ferruginoso di quest'epoca, od almeno con questo intercalato in modo che la maggior parte della formazione ferruginosa sia ad esso sottostante.

BISCHOFF avendo analizzato le acque minerali delle valli che circondano il lago di

Laach ed il loro deposito, trovò che dopo la deposizione del ferro ocraceo l'acqua trasporta ancora in soluzione 33 volte tanto carbonato di calce e 6 volte tanto acido silicico quanto ne depose. La silice (pag. 156, vol. 1, *Chemical and Physical Geology*) si separa nelle « geodi più presto che il carbonato di calce. » Se la temperatura delle acque è alquanto più elevata della temperatura ordinaria, il bicarbonato di calce si scompone facilmente e può precipitarsi prima della silice.

Le acque contenenti in soluzione carbonato di ferro, silice e carbonato di calce, lasciano prima depositare il perossido di ferro, indi la silice ed il calcare alla temperatura ordinaria. Questi chimici depositi in Sicilia nel miocene inferiore non sono separati completamente l'uno dall'altro. Essi sono anzi spesso intimamente associati tra loro, tuttochè la massima parte dei loro chimici precipitati, considerata in grande scala, la loro successione, conservi l'ordine che teoricamente deve conservare. Questo fatto dimostra che il ferro, il calcare e la silice erano in soluzione in seno alle stesse acque, e che queste non erano ad una temperatura più elevata che la temperatura ordinaria. Anche il calcare concrezionato con silice è quindi un precipitato delle acque marine, come il ferro, il solfato di calce, il cloruro di sodio, ec.

Le tracce e le impronte delle fucoidi sono in quantità considerevolissime in Sicilia nelle arenarie, e specialmente nei calcari intercalati colle argille.

Nelle argille ferruginose si possono ancora osservare le loro impronte. Spesso tuttavia esse sono confuse e rotte in modo che non se ne riconosce la presenza, se non da chi è abituato a tutte le gradazioni che queste presentano nei loro passaggi dal calcare, ove si osservan nette e distinte, alle argille salate, in cui non si vede più traccia alcuna delle impronte di queste erbe. Tutta la formazione delle argille scagliose e delle marne salate è tuttavia sempre ricchissima in sostanze organiche. Il colore nero od azzurro di questo colossale deposito è tutto dovuto alle sostanze suddette, delle quali sono impregnate tutte le argille e tutte le marne di questa epoca. Egli è in questa formazione e specialmente nelle argille salate che si presentano le Maccalube, le cui esalazioni secondo SAINT-CLAIRE-DEVILLE sono le seguenti:

Analisi della Maccaluba di Aragona detta di Girgenti, li 18 agosto 1856. — Temperatura esterna 24.° 5 a 26°, temperatura interna 20.° 8 a 22.° 2.

	Orificio N. 1.	Id. N. 2.	Id. N. 3.	Id. N. 4.	Id. N. 5.	Id. N. 6.
Acido carbonico	0,6	0,3	0,0	0,7	0,0	1,6
Ossigeno.	2,5	2,2	1,0	0,0	0,8	0,0
Azoto ed Idrogeno carbonato.	96,9	96,5	99,0	98,3	99,2	98,4

Analisi della Maccaluba di Terra Pelata, presso Caltanissetta.

Acido carbonico	0,0	0,4
Ossigeno.	0,4	0,9
Azoto ed Idrogeno carbonato	99,6	98,7

Analisi della Maccaluba Xirbi, presso Caltanissetta.

Acido carbonico	0,8	1,8
Ossigeno	0,9	0,9
Azoto ed Idrogeno carbonato	98,4	97,3

Sono in tutto otto analisi, delle quali tre, cioè quella relativa all'orificio N. 5 della Maccaluba di Aragona, quelle di Terra Pelata e di Xirbi, presso Caltanissetta, sono state ripetute due volte. Queste analisi furono fatte sul posto, e quindi il sig. SAINT-CLAIRE-DEVILLE non potè separare l'idrogeno carbonato dall'azoto e dall'idrogeno libero.

Il sig. FOUQUÉ nel 1865 pubblicò, negli *Annali dell'Accademia delle Scienze di Parigi*, tomo XLIII, il risultato di alcune analisi complete dei gaz delle Maccalube ed esalazioni seguenti di Sicilia.

Analisi dell'acqua di Santa Venera.

Acido carbonico	3,13
Ossigeno	1,18
Azoto	22,15
Gaz delle paludi	71,76
Idrogeno	3,70
Acido solfidrico	traccie
	101,92

FOUQUÉ crede che questa sorgente contenga in soluzione solfuri alcalini ed alcalino-terrosi.

Analisi delle esalazioni di San Biagio e della Salinella di Paternò.

Acido carbonico	74,99	95,35
Ossigeno	2,78	0,58
Azoto	19,47	2,94
Gaz delle paludi	3,77	1,12
Idrogeno	0,99	0,50
Acido solfidrico	>	>
	102,00	100,49

Analisi del gaz del Lago dei Palici, presso Palagonia.

Acido carbonico	93,49
Ossigeno	0,68
Azoto	5,14
Gaz delle paludi	1,45
Idrogeno	0,43
Acido solfidrico	>
	101,19

Analisi del gaz della Maccaluba di Aragona.

Acido carbonico	1,65
Ossigeno	0,69
Azoto	3,74
Gaz delle paludi	87,23
Idrogeno	5,74
Acido solfidrico	>
	99,15

CAPITOLO II.

ORIGINE DELLE MACCALUBE E DEGLI IDROCARBURI SPARSI NELLE MARNE
ED ARGILLE DEL MIOCENE INFERIORE.

• I gaz delle maccalube di Aragona, di Terra Pelata e Xirbi presso Caltanissetta, e della sorgente solforosa di Santa Venera presso Aci Reale, contengono poco acido carbonico e sono invece composti in massima parte di idrogeno-carbonato o del gaz delle paludi. Dalle analisi di FOUQUÉ consta poi che il gaz delle paludi in tutte queste emanazioni, e specialmente in quelle di Santa Venera e della Maccaluba di Aragona, sono accompagnate da una quantità notevole di idrogeno libero. Le emanazioni delle sorgenti di San Biagio, della Salinella di Paternò e del Lago dei Palici sono invece ricche di acido carbonico e dipendono dall'influenza vulcanica, mentre le altre dipendono dalla scomposizione delle sostanze organiche.¹

Importante è l'analogia tra le emanazioni gazoze delle maccalube e le emanazioni della sorgente solfurea di Santa Venera. Nelle maccalube non si incontra acido solfidrico alla temperatura ordinaria, si incontra però questo gaz ad una temperatura di 35° e 40°. L'idrogeno libero in quantità notevole in tutte queste emanazioni accompagna l'idrogeno carbonato, e non vi può essere dubbio che a Santa Venera questi gaz provengano dalla scomposizione delle sostanze organiche. L'idrogeno carbonato, ossia il gaz delle paludi e l'idrogeno libero, costituiscono altresì la parte predominante nelle esalazioni dei laghi solfurei di Tivoli, e provengono altresì evidentemente dalla scomposizione delle sostanze organiche, e principalmente delle materie torbose che si trovano nel cammino sotterraneo dalle acque percorso. Ragon vuole che anche i gaz delle maccalube si debbano attribuire alla scomposizione delle sostanze organiche.

Questi gaz si incontrano altresì quasi sempre attraversando sia le argille salate, sia le argille ferruginose e gessose sottostanti. Nella galleria di Castrogiovanni, nelle gallerie di Caltanissetta, nella galleria di Lercara, in molte gallerie delle miniere insomma, si incontrò il gaz delle maccalube in quantità considerevolissima.

¹ Debbo qui correggere un errore occorso relativamente al Lago di Palagonia o Lago dei Palici. Nella Memoria ho detto che gli scisti bituminosi sono probabilmente la causa del carattere oleoso del Lago di Palagonia. Questo lago chiamato anche il *Lago di nafta*, non presenta alcun carattere di questa sostanza; e fu per errore che una nota con punto interrogativo venne da me copiata nello scrivere la Memoria. Passai vicino a questo lago, vidi il terreno in cui ha sede, ma, il tempo stringendo, dovetti continuare il cammino: assunsi informazioni, ma queste furono erronee.

Le argille salate, ferruginose e gessose, come ho notato, sono spesso intercalate con straticelli di sabbia o di arena quarzosa e micacea, in modo che questa formazione può considerarsi in molti punti come un'alternanza continua di straticelli di marna e di sabbia. I gaz si esalano specialmente dalle sabbie che sono intercalate colle marne. Allorchè le arene suddette non comunicano coll'atmosfera, i gaz a misura che si sviluppano dalla scomposizione delle sostanze organiche, vi si accumulano in modo incessante e, quando queste sono attraversate da un pozzo o da una galleria, le esalazioni prendono delle proporzioni straordinarie. Nelle maccalube queste esalazioni si producono spesso da fessure esistenti nel terreno. Queste fessure attraversano gli strati di marna o di sabbia, i quali ultimi servono di veicolo ai gaz, che vengono così a convergere da molti punti verso le fessure, dalle quali si manifestano in conseguenza copiose esalazioni di idrogeno carbonato. Questo nella sua corsa trascina seco fango ed acqua salata, producendo così i fenomeni che si osservano nelle maccalube. Le acque che ne scaturiscono se sono abbondanti, come nella Salinella di Paternò del 1866 (Vedi SILVESTRI, *I fenomeni vulcanici dell'Etna*) provengono da località più elevate che la maccaluba. Se invece, come nella massima parte de' casi, le acque eruttate dalle salse sono in quantità piccolissima, è possibile che esse siano filtrate a traverso i meati delle maccalube stesse durante le piogge e siano sollevate poscia dalle correnti dei gaz.

Le esalazioni gazoze delle maccalube, se sono accompagnate da una piccola quantità di acqua, appariscono generalmente più abbondanti che allorquando la maccaluba è da lungo tempo completamente asciutta. Questa maggiore intensità dopo un'epoca di pioggia pare tuttavia un fenomeno più apparente che reale.

Quando la temperatura delle emanazioni delle maccalube aumenta, i gaz idrogeno ed idrogeno-carbonato sono accompagnati dall'acido solfidrico. Questo fenomeno è una conseguenza naturale della composizione del terreno delle maccalube, e delle reazioni chimiche che sui diversi elementi di questo terreno produce una temperatura un po' elevata. Il terreno delle maccalube è composto infatti di marne e di argille gessose associate a sostanze organiche: l'aumento di calore produce la reazione di queste sostanze sui solfati che si trovano insieme associati e la formazione in conseguenza di solfuro di calcio, dalla cui scomposizione in presenza dell'acqua si ha uno sviluppo di gaz acido solfidrico. Il difetto di acido solfidrico nelle esalazioni delle maccalube alla temperatura ordinaria, prova che a questa temperatura le sostanze organiche sparse ed intimamente associate a quasi tutta questa formazione non reagiscono sul solfato di calce e non ne operano la riduzione. Perchè la riduzione di questi solfati avesse luogo nell'epoca solfifera in larga scala, era quindi necessario che essa venisse coadiuvata dall'azione del calore, a meno che le sostanze organiche non fossero in quell'epoca nei loro primi periodi di scomposizione, come succede attualmente nei laghi di Tivoli, dove anche a bassa temperatura si ha una produzione notevolissima di acido solfidrico.

L'acqua che accompagna le emanazioni di idrogeno carbonato e di idrogeno libero che si osservano in questi vulcanetti, tiene sempre cloruro di sodio in soluzione. La presenza costante del cloruro di sodio in queste acque, dimostra che le marne salate sono sede della produzione e delle emanazioni degli idro-carburi. Non solo in Sicilia si ma-

nifesta questo fenomeno, ma in quasi tutte le località in cui si trovano depositi di salgemma o marne salate.

BREMER (così scrive BISCHOFF, pag. 253, 254, vol. I, *Chemical and Physical Geology*) diede notizia di un gaz infiammabile, il quale dal 18 di marzo del 1826 costantemente eruppe fuori ad una profondità di 45 braccia (82 metri) da una fessura nella marna argillosa depositata nella miniera di salgemma di Ludovici a Szlatina in Ungheria e venne impiegato ad illuminare la miniera. Una simile esalazione venne quivi osservata anche prima. Da un antico pozzo, il quale stette inoperoso per 86 anni nella Salina di Gottesgabe al Reno nella contea di Techlenburg, si sviluppò un gaz infiammabile, il quale dopo il 1824 venne impiegato per parecchi anni a fornire luce e calore. L'esalazione era circa di un piede cubo (28 decimetri cubi) di gaz per ogni cinque minuti.

Secondo EATON, si sviluppa idrogeno carbonato in tre punti sulla costa Sud del canale Eriè nello Stato di Nuova York da uno strato di salgemma, sotto il quale giace un esteso strato di carbone di 600 piedi (240 metri) di spessore. A Rocky-Hill nell'Ohio, un miglio e mezzo dal Lago Erie, forando un pozzo per salgemma, si incontrò un'esalazione di gaz combustibile, il quale uscì in grande quantità per un tempo considerevole. Circa due miglia al Sud del lago, un gaz infiammabile sgorgò perforando un calcare bituminoso in quantità tale da essere impiegato per illuminare il villaggio di Fredonia. La luce della fiamma di questo gaz non è tuttavia così vivace come quella del gaz artificiale. Nel distretto di Marietta nello Stato dell'Ohio, il gaz infiammabile è costantemente compagno delle sorgenti salate; dimodochè la sua comparsa nei fori per la ricerca del salgemma è considerata come una indicazione di un favorevole risultato. Nei dintorni di Tseu-lieou-tsing nella China le esalazioni di gaz infiammabile dalle sorgenti salate sono, secondo le comunicazioni del missionario IMBERT, molto comuni. Alcune di queste sono utilizzate puramente per cagione del gaz infiammabile, il quale è somministrato in così grande quantità che è impiegato a far bollire l'acqua salata, come altresì a riscaldare ed a illuminare gli stabilimenti nei quali il sale è preparato. L'acqua salata in uno di questi pozzi essendo cessata, il foro venne continuato alla profondità di 3000 piedi (900 metri circa); l'acqua salata non era ancora apparsa, ma, quando il perforatore ha raggiunto questa enorme profondità, una corrente di gaz apparve improvvisamente e venne utilizzata per fuoco. Vi sono pozzi il gaz dei quali, allorchè è acceso, produce delle fiamme di 30 piedi di altezza: quivi il gaz pare provenire da strati di carbone, poichè questo venne spesso incontrato nel fare i fori.

DUMAS trovò che il gaz, il quale si sviluppa dal salgemma crepitante di Vieliczka, venendo disciolto nell'acqua, è infiammabile. H. ROSE esaminò questo gaz e trovò che esso appariva come un miscuglio di idrogeno carbonato e di idrogeno. Secondo BUNSEN questo gaz consiste di

Gaz idrogeno carbonato.	84,60
Gaz ossigeno.	2,58
Gaz acido carbonico	2,00
Gaz azoto.	10,35
	99,53

Il gaz infiammabile nel sale crepitante deve essere presente in uno stato di forte compressione, poichè DUMAS ed H. ROSE trovarono che il sale contiene la metà del suo volume di gaz. Differenti pezzi di sale contengono tuttavia ineguali quantità di gaz. Sotto il microscopio non vi si possono scoprire cavità, mentre venendo disciolto nell'acqua e le sue lamelle diventando più sottili, tra esse si formano piccole bollicine di gaz, il quale separa le lamelle l'una dall'altra (onde si produce lo schioppettio) e fugge dalle fessure così prodotto. I pezzi chiari e trasparenti del crepitante sale decrepitano venendo disciolti perfettamente come i saggi oscuri e non trasparenti.

Non pare che il sale crepitante sia una particolarità delle miniere di Vieliczka; ad Hallstadt in Austria si incontra altresì un sale crepitante analogo.

Esalazioni importantissime di idrogeno carbonato (BISCHOFF pag. 252, 1° vol.) si incontrano sulle spiagge occidentali del Mar Caspio. Nei dintorni di Baku sulla penisola di Abscheron un tratto è stato da lungo tempo conosciuto sotto il nome di *campagna di fuoco*, dove continuamente esala gaz infiammabile, mentre sorgenti di nafta e di petrolio si trovano nella stessa località. Da una lunga serie di osservazioni sulla temperatura delle sorgenti e dei pozzi, ABICH trovò che la temperatura media del suolo di Abscheron è di 59° Farh., quella della nafta di 62°, 5 a 66°, e quella delle sorgenti di gaz 68°, 5. Il gaz in conseguenza può solo provenire da una modesta profondità. Sopra lo Schagdag, non molto lontano dal villaggio di Kinalughi, 7834 piedi sopra il Mar Caspio, si trovarono considerevoli esalazioni di gaz idrogeno carbonato (il *fuoco eterno* di Schlagdag), il quale affluisce direttamente fuori dalle fessure delle arenarie alternanti con argilla scistosa. Questa fiamma non è mai estinta dalle influenze atmosferiche.

SCHMIDT (*Bollettino dell'Accademia di Pietroburgo*, tomo 12), espose i risultati seguenti delle analisi dei gaz di Abscheron e di altre regioni salifere e petroleifere della Russia:

	C. SCHMIDT.			R. BUNSEN.		
	Abscheron.	Titarefka.	Jenikale.	Boulganak.	Selevannaja.	
CO ²	0,93	2,18	3,50	4,61	2,49	4,44
C _n H _n	4,11	3,26	4,26	>	>	>
H	0,34	0,98	>	>	>	>
N	2,13	0,49	>	>	>	>
C ₂ H ₄	92,49	93,09	>	>	>	>

Nelle emanazioni della rinomata regione Abscheron, si incontra non solo l'idrogeno carbonato ma l'idrogeno libero ed i bicarburi di idrogeno C_nH_n. In queste emanazioni non si incontra idrogeno solforato, perchè la loro temperatura è solo di 68°, 5 Farh. eguali e 20°, 28 centigradi.

Nei gaz invece delle acque termali dei dintorni del Mar Caspio, ABICH trovò:

HS	0,222
CO ²	13,107
O	0,130
C ₂ H ₄	46,114
C _n H _n	0,000
N	40,397
	100,000

Coll' elevazione di temperatura si ha quindi in queste emanazioni la presenza dell'idrogeno solforato, come nelle maccalube.

La presenza del petrolio e della nafta in tutti i dintorni del Mar Caspio, serve a spiegare l'origine di queste esalazioni di idrogeno carbonato. Debbo tuttavia osservare che questi terreni oltre all'essere petroleiferi sono tutti più o meno salati. L'associazione delle argille petroleifere, delle argille salifere e del gaz idrogeno carbonato è un fatto che si osserva nei depositi dell'Africa, che sono considerati da COQUAND, come appartenenti all'eocene superiore ed al terreno a fucoidi. I banchi saliferi dell'Armenia e della Persia sono stati dimostrati eocenici da TCHIHATCHEFF e D'ARCHIAC.

La presenza contemporanea del salgemma, del petrolio, delle esalazioni di idrogeno carbonato e delle maccalube, si osserva in vasta scala nelle regioni petroleifere della Valachia e della Moldavia, le quali appartengono all'eocene ed al terreno a fucoidi. Secondo COQUAND i banchi di arenaria e di calcare a fucoidi sono in questa regione, specialmente presso Pocura e presso Moinesti, sovrapposti alle argille petroleifere e salifere, alle quali succedono in linea discendente banchi di salgemma. Egli dice tuttavia nel suo lavoro: (Sur les gîtes de la Valachie et de la Moldavie, *Bulletin de la Société géologique de France*, tom. 24), che le sezioni di Okna e di Slanick possono generare dei dubbi a questo riguardo, ma che questi dubbi sono risolti dalla sezione di Moinesti. Osserverò più tardi che il deposito delle fucoidi è in gran parte contemporaneo delle argille salifere e petroleifere, che esse possono trovarsi sopra o sotto queste argille e che da una ed anche da più sezioni, ancorchè la successione degli strati vi sia ben definita, non si può argomentare che in tutta la formazione corrispondente debba regnare la stessa legge di sovrapposizione. Questa osservazione è confermata dalla sezione teorica dei terreni terziarii della Valachia rappresentata dal prof. CAPELLINI nella sua opera: *Sui giacimenti petroleiferi di Valachia*.

Miocene	sup.	Mollasse e sabbie giallognole di Bustinari, Podeni e Possesti (parte).
		Argille turchine con conchiglie di acqua dolce di Tzinta, Damba, Bordeni.
		Marne di Odeasca e Valeni di monte.
	med.	Argille petroleifere di Matizta (riva destra), Tzinta nelle vicinanze di Bustinari.
		Salgemma e gesso di Tzinta, Pocurez, Telega.
		Calcare oolitico di Pocurez e sabbie sottoposte.
	inf.	Argille e sabbie inferiori petroleifere di Pocurez. Sabbie succinifere di Possesti.
		Argille petroleifere di Kolibasc, Possesti; ed in parte di Tzinta, Baicoui.
		Mollasse, scisti bituminosi, argille petroleifere di Possesti, La Plaz, Camarasc, Scorzeni.
Eocene	sup.	Mollasse ed argille con gesso fibroso, zolfo e piriti di Kiosdanka e Gura Draganassa.
		Macigno scistoso con fucoidi e <i>Paleodictyon</i> di Moinesti.
	med.	Argille scagliose petroleifere di Moinesti.
		Macigni e scisti galestrini del fiume Batrinanca.
		Argille scistose petroleifere di Batryn.
	inf.	Gessi di Batryn.

Secondo CAPELLINI le argille petroleifere di Moinesti sarebbero realmente inferiori al macigno a fucoidi di Moinesti. Questo macigno sarebbe tuttavia anteriore alle argille

petroleifere di Possesti appartenenti al miocene inferiore, ed a più forte ragione alle argille petroleifere di Kolibasc, Pocurez e Possesti stesso esistenti nel miocene medio, alle quali fanno ancora seguito in ordine ascendente quelle di Matizta e di Tzinta.

I depositi saliferi adunque della Sicilia, dell'Italia peninsulare, della Valachia, della Moldavia, della Persia, dell'Algeria, e così via dicendo, appartengono tutti alla stessa epoca, ossia all'epoca più importante per lo sviluppo delle fucoidi. In tutti questi terreni sono insieme associati gessi, salgemma, bicarburì di idrogeno, petrolii, idrogeno carbonato, idrogeno libero e sostanze organiche. D'onde deriva quest'associazione così costante di tutti questi elementi? Per determinare la cagione di questa associazione e l'origine di queste sostanze, bisogna osservare quello che succede nella natura dove si formano analoghi depositi.

Il salgemma ed i gessi ed altri elementi salini che si trovano con essi associati, sono oramai indiscutibilmente depositi prodotti dall'evaporazione delle acque del mare, od in altri termini i depositi di solfato di calce, di cloruro di sodio, di ossido di ferro ec., che si incontrano in Sicilia, nell'Italia peninsulare, in Moldavia, in Valachia, in Algeria ec., sono depositi di saline naturali in larga scala. Scavando ora il fondo delle saline attuali, il terreno si mostra tutto impregnato di sostanze organiche, provenienti dalla scomposizione delle alghe. Nei primi compartimenti di epurazione spesso a piccola profondità si osservano ancora tracce delle alghe, ad una profondità maggiore invece le sostanze terrose paiono associate ad una materia torbosa di cui non si conosce la struttura. Anche nei bacini di deposizione del sale, nei quali le acque entrano senza trascinare delle erbe ed apparentemente pressochè prive di sostanze organiche, il suolo ne è tuttavia impregnatissimo. Tutte le materie terrose che formano il fondo dei compartimenti, sia di epurazione che di deposizione del sale, rassomigliano perfettamente alle marne ed argille salifere dell'epoca eocenica della Sicilia, della catena degli Apennini ec., e sono come queste colorite in azzurro dalle sostanze organiche senza che ne compariscano le impronte.

Da queste analogie è lecito dedurre che dalla scomposizione delle erbe marine e specialmente delle fucoidi, che in quell'epoca si moltiplicavano prodigiosamente, provenivano le materie organiche che colorano in azzurro le argille salifere della Sicilia e delle altre contrade soprannominate, e che alla scomposizione delle fucoidi si debbano attribuire i carburì di idrogeno, i quali allo stato liquido e gassoso si trovano associati alle argille suddette.

Se la scomposizione ha luogo in presenza dell'aria o sotto una piccola pressione, si ha uno sviluppo notevole di idrogeno carbonato o di gaz delle maremme ed un residuo di materia torbosa. Il petrolio, la nafta e gli altri svariati idrocarburi, come l'ozokerite l'hatchetina, la fichtelite, l'hartite, l'elaterite ec., allorchè si trovano più o meno in presenza degli agenti atmosferici, si scompongono perdendo gli elementi più volatili e si condensano sempre più passando allo stato di piasfalto e poscia di asfalto. In presenza degli agenti atmosferici, e sotto una piccola pressione, è quindi impossibile che la scomposizione delle sostanze organiche possa dare origine a petrolio ed a nafta. Ma se la scomposizione ha luogo lentamente sotto una pressione notevole in presenza del-

l'acqua salata, può dare origine ad idrocarburi liquidi, come il petrolio, la nafta e gli altri idrocarburi soprariferiti. Questo fatto si è verificato appunto nei giacimenti siciliani. — La potenza delle marne salate è in varii punti della Sicilia superiore ad un chilometro. La formazione ferruginosa, gessosa, sottostante è ancora superiore in potenza al deposito delle argille salifere. Grande doveva essere in conseguenza la profondità di queste saline naturali. Giova osservare che la loro profondità era, durante il periodo del deposito gessoso e ferruginoso, maggiore ancora che durante il periodo della formazione delle miniere di salgemma, poichè il suolo venne sempre innalzandosi lentamente.

Le fucoidi a misura che si deponevano al fondo delle acque venivano coperte dalle marne in esse trascinate. Queste marne sono in molti punti intercalate con straticelli di sabbia finissima, la quale non costituisce tuttavia che la ventesima parte di questo terreno. Tutti questi depositi dimostrano l'esistenza di correnti, le quali dovevano trascinare seco le erbe marine e le fucoidi che in tanta copia si producevano in quell'epoca. Esse si accumulavano spesso in alcuni punti dove le acque erano quasi stagnanti e venivano successivamente associate alle sabbie, alle marne, e sempre dalle marne coperte. La loro scomposizione succedeva quindi sotto una pressione notevole prodotta dalla grande altezza delle acque superiormente e quasi senza la presenza degli agenti atmosferici. Si formarono quindi varii idrocarburi liquidi, dei quali restarono intimamente impregnate le sabbie, i calcari e le marne colle fucoidi associate.

Fra questi carburati liquidi è rimarchevole l'hatchetina o la scheererite composta di idrogeno e di carbonio nelle stesse proporzioni dell'idrogeno carbonato. BISCHOFF (vol. I, pag. 291), nota che essa si trova presso Merthyr Tydwill nell'Inghilterra, dove riempie piccole fessure attorniate da calcare spatico nel minerale di ferro della formazione carbonifera. A Loch Tyne nella Scozia esso galleggia sopra l'acqua in una palude torbosa. Nel calcare di transizione di Beaulieu in Francia, esso si incontra insieme col carbonato di calce nelle geodi. Si incontra altresì ad Idria insieme col cinabro.

È cosa difficilissima il conoscere quali sieno le circostanze che determinarono la formazione di un idrocarburo piuttosto che di un altro. La temperatura, la pressione, la natura delle acque, la natura delle sostanze organiche, e così via dicendo, sono tutti fatti i quali hanno un'influenza nella composizione e nella natura degli idrocarburi da queste sostanze organiche prodotti.

Tutti questi idrocarburi furono poscia nelle epoche geologiche seguenti, ed ancora oggidì soggetti ad una lenta scomposizione con perdita degli elementi più volatili.

Il gaz idrogeno carbonato e l'idrogeno libero, che si sviluppano nelle maccalube, sono originati specialmente dalla scomposizione degli idrocarburi suddetti.

Sarebbe cosa importantissima il determinare in qual modo siano sparite le impronte delle fucoidi nelle argille salate e gessose, e si trovino solo nei calcari e nelle arenarie della formazione eocenica suddetta. Qualunque sia l'origine di questo fatto, egli è certo che i fondi delle attuali saline sono impregnati di sostanze organiche provenienti dalla scomposizione delle alghe, senza che si possano osservare le tracce delle loro impronte. Anche nelle torbiere e nelle formazioni carbonifere è generalmente impossibile ricono-

scere la natura delle erbe e delle piante dalle quali esse sono generate, e pur nondimeno si conoscono e si descrivono nei trattati più di 500 delle loro specie. Se dal deposito carbonifero non si possono determinare le loro forme, queste sono chiaramente visibili in tutti i residui petrificati che si trovano nei calcari e specialmente nelle arenarie di quest'epoca. Applicando ora al terreno eocenico le stesse norme che si adoperarono per il terreno carbonifero onde determinare le piante dalle quali i carboni provennero, si deve concludere che gli scisti bituminosi, i petrolii e le sostanze organiche in genere delle quali è impregnata questa formazione, provengono dalle fucoidi, le cui impronte si trovano in quantità straordinaria nei calcari e nelle arenarie della stessa epoca geologica. Le impronte delle fucoidi mancano è vero nelle marne salate; si trovano tuttavia non solo nei calcari e nelle arenarie ma ancora nelle argille scagliose sottostanti. Del resto, l'esempio delle saline ci dimostra che le impronte delle fucoidi possono benissimo mancare nelle marne salate, tutto che siano dalle fucoidi generate le sostanze organiche onde esse sono impregnate.

Il fatto più rimarchevole che si osserva nelle saline a questo riguardo è che nei compartimenti in cui si depone il sale, le acque già epurate entrano quasi limpide senza che vi si osservi ad occhio nudo alcuna sostanza organica, e pur nondimeno il loro fondo è impregnato di sostanze organiche azzurre quasi nere come nei bacini di epurazione.

Una parte dei carburi di idrogeno deve quindi passare allo stato di soluzione nelle acque, penetrare in questo stato nei compartimenti in cui si depone il cloruro di sodio e subire ivi una scomposizione ulteriore con perdita notevole di idrogeno e quindi con una precipitazione di elementi più ricchi in carbonio che colorano in azzurro la materia del fondo delle saline. Che un carburo di idrogeno si trovi in soluzione nelle acque salate si può anche dimostrare dalla presenza di questi carburi nel salgemma. L'esempio più notevole di questo fenomeno ci è somministrato dal sale di Viéliczka il quale contiene metà del suo volume di questo gaz, senza che tuttavia col microscopio vi si possano scoprire delle cavità. Il salgemma della Sicilia e specialmente i cristalli, non solo contengono imprigionato in regola generale idrogeno carbonato ma anche sostanze organiche, che, senza togliere la trasparenza ai cristalli suddetti, li colorano bellamente in azzurro.

Questi fatti dimostrano che le marne salifere dell'eocene superiore poterono essere impregnate di materie organiche provenienti dalla scomposizione di erbe marine, le cui tracce ed i cui residui restarono sepolti in altri punti anche molto distanti. Si può quindi ammettere che i carburi, i quali si trovano in Sicilia nel miocene inferiore (eocene superiore), cioè la nafta, il petrolio, l'idrogeno carbonato, gli scisti bituminosi ec., provengano dalla scomposizione delle fucoidi.

Quest'ipotesi serve a spiegare il perchè il petrolio, la nafta e le sostanze bituminose si trovino intimamente associate alle marne salifere in tutte le regioni sopraindicate.

Considerando i carburi che si incontrano nella formazione miocenica della Sicilia come il prodotto della scomposizione delle fucoidi, non intendo di attribuire egualmente alla scomposizione di fucoidi tutti gli idrocarburi, i petrolii ec., che si trovano sparsi

nei varii terreni di altre contrade, potendo questi provenire dalla scomposizione di altri elementi organici. Se tuttavia dalla scomposizione delle fucoidi derivano gli idrocarburi della formazione eocenica in Sicilia, i petrolii della Valachia, della Moldavia, dell' Algeria, dei dintorni del Mar Caspio e dell' Italia peninsulare, debbono attribuirsi alla stessa causa, trovandosi le fucoidi in abbondanza in queste regioni nei calcari ed in genere nelle rocce che accompagnano le argille salifere e petroleifere. Il miocene inferiore fu, specialmente durante l' epoca solifera, soggetto ad una elevazione di temperatura, la quale, tuttochè limitata, ha determinato in vasta scala la riduzione dei solfati per mezzo delle sostanze organiche. Questa elevazione di temperatura ha dovuto esercitare una influenza notevole sulla scomposizione delle sostanze organiche suddette e quindi sulla varia natura degli idrocarburi da queste prodotti.

Causa della serie alternativa di straterelli di sabbia e di marna nel miocene inferiore.—

Ho osservato che le argille salate, gessose e ferruginose sono spesso intercalate con straticelli di sabbia o di arena quarzosa e micacea. Questa alternanza di straterelli pare dovuta alla separazione dei materiali che si deponevano meccanicamente al fondo dei bacini, separazione prodotta o durante il loro deposito o poco tempo dopo dal movimento burrascoso delle acque.

Durante queste burrasche, le argille e le sabbie che costituivano la superficie del fondo vennero rimaneggiate. Le particelle più fine furono tenute lungo tempo in sospensione e, depositandosi poscia, formarono uno strato di argilla sopra uno straticello di sabbia.

La formazione di un grande deposito costituito specialmente verso la sua base da una serie alternativa di straterelli di sabbia e di argilla, era allora un fenomeno naturale e quasi inevitabile in questi bacini, perchè l' evaporazione enorme delle acque, come ci dimostra la concentrazione delle soluzioni di solfato di calce, di cloruro di sodio ed il loro successivo deposito, doveva determinare dall' oceano nei bacini suddetti una corrente come si verifica ancora attualmente dall' Atlantico nel Mediterraneo o dal Mar Caspio nel golfo di Karaboghaz ec. La corrente suddetta doveva trasportare non solo cloruro di sodio, bicarbonato di ferro, solfato di calce ed in genere tutti i sali contenuti in soluzione nelle acque marine, ma altresì sabbie, argille ed erbe marine. Le sabbie si deponevano là dove la corrente era ancora dotata di una certa velocità, mentre le argille finissime, le quali costituiscono i $\frac{19}{20}$ di questa formazione, si deponevano dove piccolo e quasi nullo era il movimento delle acque. Durante le grandi burrasche, questi depositi venendo rimaneggiati ed in parte mescolati, dovevano dare origine in molti punti ad una serie alternativa di straterelli di argilla e di sabbia. Il rimaneggiamento di questo deposito era reso più facile dalla diminuzione progressiva di profondità dei bacini, sia perchè il movimento di ondulazione delle acque superficiali poteva comunicarsi più facilmente a quelle che si trovavano al loro fondo, sia perchè una parte del deposito già formato per il sollevamento progressivo del suolo si trovava nuovamente esposto all' azione corrosiva delle acque suddette. Enorme era allora nei mari la vegetazione delle fucoidi: queste correnti dovevano altresì trasportare una quantità considerevolissima di queste erbe concentrandole in varie località speciali.

CAPITOLO III.

CAUSA E MODO DI FORMAZIONE DELLE FRANE — MEZZI PER RIPARARVI — INFLUENZA DELLE FRANE DURANTE LE EPOCHE MIOCENICA E PLIOCENICA SULLE FORMAZIONI CORRISPONDENTI.

Le argille o marne eoceniche, mioceniche e plioceniche, ma più specialmente quelle del miocene inferiore, danno luogo a frane considerevolissime. Lo studio delle frane e della loro origine è importante non solo per l'industria, ma altresì per la spiegazione di fatti geologici da esse prodotti nelle epoche posteriori all'epoca miocenica. Le marne colle acque gonfiano, prendono la consistenza di una poltiglia e, se il terreno non ha una leggerissima pendenza, incominciano a staccarsi ed a discendere, generando una frana. Durante l'estate esse si restringono superficialmente, e si producono in conseguenza fessure più o meno profonde, la cui larghezza è qualche volta superiore a venti centimetri. Queste fessure in un'epoca di piogge servono a ricevere ed a rattenere le acque. Anche gli straticelli di arena, intercalati colle marne, servono a ricevere le acque piovane ed a produrre lo stesso effetto delle fessure. Le acque arrivano poi sino al letto della frana, il quale è costituito da marne e da argille compatte, lisce ed untuose ancorchè siano asciutte. L'acqua su di esse ha per effetto di diminuire l'attrito al fregamento in proporzioni maggiori di quello che sia ridotto nelle macchine questo attrito dagli olii e dai grassi.

Le marne od argille, che si trovano alla base della frana, essendo imbevute di acqua e ridotte in poltiglia, scivolano lentamente sul letto della frana stessa. In questo movimento esse restano tutte fessurate, rimescolate ed atte ad inzupparsi sempre più di acqua. La frana appena è determinata tende sempre in conseguenza ad aumentare ed a prolungarsi principalmente verso il basso. Essa non si arresta e raggiunge il fondo dei valloni, a meno che l'acqua che ne determina il movimento sia stata tutta assorbita e ripartita fra le marne e le argille, senza tuttavia averle rese molli e quasi incoerenti. Questo fatto succede se piccola è la quantità di acqua penetrata nella frana: esso può succedere altresì allorchè la frana incontra un banco un po' notevole di arena o di poddinga o simile, che sia capace di assorbire l'acqua che ne conserva molle la base.

Ciò che succede naturalmente può anche prodursi artificialmente. La spesa per ottenere questi risultati è tuttavia in regola generale considerevolissima (eccettuati alcuni casi di piccola importanza) e superiore all'utilità che se ne può ricavare. Per evitare

lo sviluppo delle frane conviene in varii casi fare delle spese che ne impediscano direttamente la formazione alla parte superiore, deviandone la causa. Il terreno argillo-marnoso della prima epoca miocenica, è in molti casi coperto o dalle poddinghe ed arene del miocene (chiamato medio nella Memoria) oppure dai tufi calcarei, dalle arenarie e dalle arene dell'epoca pliocenica, rocce tutte permeabili alle acque. Qualche volta le acque che determinano il movimento delle frane provengono o dai gessi o dai calcari o da altre rocce sia dell'epoca solfifera, sia dell'epoca miocenica. Se esse provengono da rocce posteriori alle marne che alimentano le frane, osservando l'inclinazione degli strati permeabili, si può o con una galleria o con un fosso o simile opera raggiungere la corrente acqua, interromperla e deviarne il corso prima che essa penetri nella frana.

Se le acque provengono dalle arene e dai tufi calcarei dell'epoca pliocenica è facile rintracciarne il corso, essendo facile determinare l'inclinazione e la struttura delle rocce di quest'epoca, niente o pochissimo tormentate e visibili in tutta la loro estensione. Più difficili e meno sicure sarebbero le opere dirette a deviare il corso di acque provenienti dalle rocce delle epoche anteriori, essendo queste molto irregolari nel loro andamento e molto tormentate.

Generalmente le acque che percorrono i tufi calcarei e le arenarie dell'epoca pliocenica compariscono alla luce colla formazione d'una fonte scoperta al piede di queste rocce od a brevissima distanza da questo piede, e non è che nella loro corsa ulteriore che possono generare delle frane. A misura che le marne che sono la sede e l'alimento delle frane suddette discendono, i tufi calcarei e le arenarie che poggiavano su queste marne, venendo meno il loro sostegno, rovinano anche esse. Le rovine costituite dai blocchi di tufi calcarei, se questi si appoggiano gli uni agli altri, arrestano l'azione delle frane, e le acque provenienti dai banchi di queste rocce possono penetrare a traverso a queste rovine e comparire alla luce assai più in basso del punto in cui esse abbandonano il giacimento regolare delle rocce suddette.

Con opere basate su osservazioni di questa natura, alcune sorgenti possono essere con poca spesa sollevate od in altri termini si possono in alcuni casi allacciare in alto con facilità acque che alimentano fonti inferiori.

Le frane sono un inconveniente notevolissimo non solo per la costruzione e manutenzione delle vie di comunicazione, ma altresì per le solfate, che abbisognano (coi procedimenti attuali di fusione) di una grande estensione di terreno per l'impostazione del minerale, la costruzione dei calcaroni e l'impostazione degli zolfi.

I genisi od i rosticci della fusione del minerale, essendo costituiti quasi esclusivamente dal calcare, accumulati in massi formano un terreno sodissimo e vengono impiegati in alcune solfate per cementare il brecciame e formare la massicciata delle strade rotabili. Per questa ragione alcuni credono di impedire le frane coprendole o caricandole di genisi ed ottengono un effetto precisamente opposto a quello che si sforzano di produrre. I genisi infatti, essendo ripieni delle cavità occupate dallo zolfo prima della sua fusione, si imbevono di una grande quantità di acqua, e questa arriva lentissimamente alla loro base. Le marne sottostanti ai genisi si conservano quindi umide e

molli, la loro indole franosa è per lungo tempo secondata ed aumentano costantemente il volume delle frane e la lunghezza da esse percorsa.

L'esame e lo studio delle frane e dei loro effetti nelle epoche scorse è un elemento importantissimo sotto il rapporto geologico. La Sicilia nell'epoca eocenica e principalmente durante la formazione dei depositi ferruginosi, gessosi e salini, era in via di sollevamento e di emersione dalle acque. Nel periodo del miocene superiore e più propriamente durante la formazione dei banchi di tripoli, del calcare siliceo, del calcare solfifero e dei gessi, la zona solfifera dell'isola era ad un livello superiore alle acque del mare. Alla fine di quest'epoca fu di nuovo lentamente invasa dall'oceano e vi restò sommersa durante l'epoca pliocenica. Il movimento lento del suolo si trasformò poscia di nuovo in moto ascendente sul finire di quest'epoca e continua tale ancora al presente sebbene in piccolissime proporzioni. A quest'ultimo periodo di moto ascendente è dovuta l'emersione e la forma attuale dell'isola.

Durante l'epoca solfifera la configurazione topografica dell'isola era rappresentata da una serie di colli, di monti, di laghi e di valli. Osservando che le rocce di quest'epoca sono un deposito di laghi alimentati da sorgenti provenienti dalle argille gessose del miocene inferiore, bisogna concludere che queste argille erano in varie località e specialmente nei dintorni dei laghi ad un livello più elevato che i laghi stessi.

Appena la Sicilia venne sommersa nel mare, queste argille sotto l'azione delle acque dovevano rammollirsi e dare origine a frane considerevoli. Le marne che si trovavano in una posizione elevata, in breve periodo di tempo vennero ad occupare il fondo delle valli o dei laghi solfurei, e là, dove non si trovarono rocce resistenti come, per esempio, i calcari ed i gessi, la superficie del suolo divenne pressochè piana. Egli è precisamente a queste rovine dei banchi argillo-marnosi delle epoche precedenti che è dovuta la formazione dei banchi potenti di marne che costituiscono la base dell'epoca pliocenica: nè poteva essere altrimenti. Il movimento franoso di queste marne sotto forma di poltiglia fece sì che esse conservassero ancora in parte il loro carattere paleontologico ed i sali solubili nelle acque, come il cloruro di sodio, il solfato di magnesia, il solfato di calce ec., dei quali esse erano impregnate. La sede primitiva delle argille e marne azzurre che si incontrano nei terreni di tutte e tre le epoche terziarie, era l'eocene superiore, chiamato nella Memoria il miocene inferiore. Le marne del miocene medio della Memoria, i tufi, i partimenti e le marne dell'epoca solfifera, ed infine i banchi potenti di marne alla base del pliocene provennero tutte dal miocene inferiore e sono tutte azzurre e più o meno ricche dei sali sopracitati. Non solo le frane ma anche le maccalube contribuirono a rendere complicata e difficile la classificazione geologica di queste argille. Esse furono centri parziali di sollevamento dei terreni e centri eruttivi nello stesso tempo di una grande quantità di materie fangose. Le maccalube di Aragona, di Floristella e di Terra Pelata presso Caltanissetta, ci dimostrano che dopo l'epoca del miocene inferiore ed anche dopo l'epoca pliocenica si formarono in parte per sollevamento in parte per eruzioni fangose collinette le quali sono costituite dalle argille e dalle rocce del miocene inferiore. L'azione delle maccalube fu potente ed estesissima durante l'epoca solfifera. Grandi debbono essere i fenomeni da esse

prodotti e difficile in conseguenza, anche per questa ragione nella formazione della Carta geologica la classificazione dei vari depositi argillosi e marnosi.

La conservazione parziale nelle marne franate del loro carattere primitivo mineralogico e paleontologico, è uno scoglio ed un ostacolo non di rado insormontabile per potere separare i depositi marnosi di un'epoca da quelli di un'altra.

Colte rovine o col trasporto delle marne e delle argille che si trovavano in una posizione elevata, rovinarono anche trasportate dalle frane le rocce compatte che si appoggiavano sulle marne franate o che vi erano subordinate, come, per esempio, il calcare a *Nummulites perforata*. La presenza di questo calcare nelle marne e nelle argille, allorchè la sua configurazione dimostra che esso conserva la sua posizione geologica, è il migliore indizio per poterle classificare come mioceniche inferiori (eoceniche). Esso anche nella sua posizione primitiva presenta tuttavia quasi mai un'estensione considerevole; non di rado costituisce massi isolati sparsi nella formazione argillosa. È quindi difficilissimo anche per questa ragione il determinare a quale epoca appartenga una formazione marnosa, ancorchè vi si trovino massi di calcare a *Nummulites perforata*.

In molte località dell'isola, e specialmente nella regione orientale della zona di cui sto formando la Carta, trovansi blocchi e rovine del calcare e delle arenarie ferruginose del miocene inferiore formanti il cocuzzolo di alcuni colli, di cui la base e le pareti sono costituite dalle argille e marne ferruginose, gessose e salate. Pare che questo calcare e queste arenarie, tuttochè rovinato, sieno nella loro posizione primitiva, e che il terreno del colle appartenga all'epoca miocenica suddetta. Esso è invece il risultato di una frana di un'epoca posteriore e forse anche dell'epoca attuale. Il monte da cui provenne la frana e la parte superiore della sua corrente sparirono, non rimanendo che il piede della frana stessa od una parte della sua corrente, rappresentati attualmente dalle rovine che formano il cocuzzolo dei colli suddetti. Questi cocuzzoli sono monumenti o testimonii dei fenomeni succeduti nei tempi antichi, e come le morene che si incontrano al piede delle Alpi ci dimostrano la grande estensione che dovevano avere in un'epoca remota i ghiacciai, così questi cocuzzoli ci indicano l'importanza immensa che ebbero in Sicilia nelle epoche scorse le frane, le quali nella loro corrente ci presentano a un dipresso il fenomeno dei ghiacciai.

Le marne, che generalmente conservano più inalterati i caratteri che esse avevano nella loro sede primitiva, sono quelle che si incontrano come a Sommatino, alle solfate Juncio presso Caltanissetta (Vedi Fig. 7, Tav. 11, strato *g*) ed in altre località superiormente alla formazione solfifera, e che appartengono ancora all'epoca miocenica. Se queste marne sono intercalate coi trubi come all'Juncio, è facile il classificarle. L'inconveniente è serio quando mancano i trubi, e la conformazione delle rocce dell'epoca solfifera, invece di servire di guida per classificare le marne, è tenuta velata dalle marne stesse e devesi tuttavia determinare la probabile estensione dello strato solfifero, le rotture e le fasi a cui fu soggetto. In alcune circostanze pare che il deposito solfifero abbia raggiunto il suo limite, ed il sopra suolo sia al di là di questo limite apparente costituito dalle marne del miocene inferiore (eocene superiore). Queste

marne sono invece superiori allo strato solfifero, il quale è stato rotto, spostato e continua inferiormente alle marne suddette. In altri casi invece pare che lo strato solfifero debba continuare, ed esso a breve distanza è limitato dalla formazione miocenica inferiore.

Le marne che costituiscono la base del terreno pliocenico sono più facili a distinguersi. Esse sono meno ricche assai dei sali solubili nell'acqua (come cloruro di sodio), più compatte, meno oscure, meno franose; presentano spesso sezioni naturali molto scoscese, le quali mostrano chiaramente i loro vari strati aventi una direzione costante ben definita ed in genere una piccola inclinazione all'orizzonte. Le marne e le argille eoceniche e mioceniche sono invece in regola generale più colorite, più tormentate, più franose.

Le regioni in cui il terreno superficiale è costituito dalle argille mioceniche ed eoceniche, presentano una configurazione meno accidentata ed i colli hanno piccole altezze e lievissime pendenze, conseguenza naturale della loro indole franosa.

Allorchè si fanno trincee in questi terreni aventi una leggiera pendenza, la loro manutenzione è difficile e costosissima. Peggio ancora è il caso se si fanno rialzi con queste materie: esse durante l'epoca delle piogge si imbevono d'acqua ed i rialzi si abbassano formando una scarpa a leggiera pendenza. Questi effetti sono una conseguenza inevitabile della loro indole. Se queste marne infatti a differenza degli altri terreni giunsero ad avere una leggiera pendenza, egli è perchè questa pendenza era necessaria onde esse acquistassero un equilibrio stabile.

Se le costruzioni delle ferrovie e delle vie ordinarie in questi terreni sono quindi meno costose nel loro impianto che nei terreni più accidentati e meno franosi, la loro manutenzione è per lo contrario molto costosa e molto difficile.

CAPITOLO IV.

ROCCE DEL MIOCENE SUPERIORE.

Calcare perciulato. — Tutti i calcari solfiferi sono più o meno ripieni di cavità. Il calcare siliceo invece, ed in regola generale i calcari lacustri del miocene superiore che sono privi di zolfo, hanno una struttura più o meno compatta. Devesi tuttavia eccettuare il calcare chiamato dai solfatai *calcare perciulato*. Esso è formato da un calcare quasi assolutamente puro avente una struttura cristallina. I cristalli paiono raggruppati in tante concrezioni o globuli del diametro di 2 a 5 ed anche a 10 millimetri. Questa roccia rassomiglia al calcare chiamato *tartaro*, che si depone nei laghi di Tivoli e specialmente nel lago che dalla natura e dall'abbondanza di questo deposito calcareo ha preso il nome di Lago dei Tartari. Il calcare perciulato assume non di rado la struttura della varietà di minerale (soriata o solata), nella quale si trova lo straticello di calcare cristallino, colla sola differenza che è privo di zolfo. Questo calcare deve essere considerato come una parte dello strato solfifero, che restò privo di zolfo per le ragioni che procurerò di indicare trattando della genesi del minerale.

Arenazzolo. — Superiormente agli strati di minerale, si incontrano ora i gessi, ora tufi o marne bituminose, ora invece uno stratarello di arena o di arenaria quarzosa molto micacea, i cui grani sono poco o nulla insieme cementati, la quale venne chiamata dai solfatai *arenazzolo*. Se essa non è frammischiata alla marna, somministra una sabbia eccellente per le costruzioni ed è facilmente permeabile alle acque.

Nell'escavazione di un pozzo a Grottacalda, l'*arenazzolo* con uno spessore di due metri venne incontrato alla profondità di 120 metri circa sotto la superficie del suolo, e la quantità di acqua da esso somministrata non potè essere esaurita con una macchina a vapore della forza di 12 cavalli.

L'incontro dell'*arenazzolo* è dai solfatai considerato come un segno di buon augurio nell'esplorazione delle solfare. Esso è tuttavia un segno, in molti casi, fallace. L'*arenazzolo* segna il limite tra la formazione lacustre del miocene superiore e la formazione marina soprastante, e venne prodotto dalle correnti che si determinarono nei laghi dell'epoca solfifera quando essi furono invasi dalle acque marine. Esso ha quindi spesso una estensione maggiore del minerale di zolfo e dei gessi superiori. La sua potenza arriva difficilmente ad un metro. Nel gruppo Gallizzi, Floristella e Grottacalda esso

costituisce in alcuni punti, specialmente in quest'ultima regione, strati aventi uno spessore di due a tre metri.

L'arenazzolo non si incontrò finora in nessuna solfara tra il minerale di zolfo ed i gessi ad esso superiori. Così appunto deve essere se questi gessi sono di origine lacustre e se la formazione dell'arenazzolo è dovuta all'invasione delle acque marine nei laghi solfurei. Segnando l'arenazzolo la base della formazione marina, gli strati ad esso superiori sono costituiti qualche volta da marne, e più generalmente da calcare marnoso a foraminiferi, il quale verso la base è associato spesso a tufo palombino.

Essendo l'arenazzolo in regola generale uno straticello di piccolissima importanza, non venne notato nelle sezioni rappresentate nella Memoria. Nelle sezioni che accompagneranno la Carta speciale del gruppo Gallizzi, Floristella e Grottacalda sarà rappresentato per la grande importanza o potenza che assume in questa regione. In questa circostanza sarà modificata anche in parte la sezione della solfara Grottacalda indicata nella Fig. 14 della Memoria.

Trubi o Calcare marnoso a foraminiferi. — Lo studio e l'esame dei trubi nei gruppi solfiferi serve spesso alla determinazione della loro struttura. Essi sono quasi sempre in concordanza perfetta di stratificazione coi gessi e col calcare dell'epoca solfifera, e, mentre la stratificazione del calcare è difficile a riconoscere, quella dei trubi (pochi casi eccettuati) è facilmente determinabile.

Questo calcare è disposto in strati di spessore variabile da 5 centimetri ad un metro: in regola generale lo spessore de' suoi strati è di 10 a 20 centimetri. La roccia si distacca secondo i piani di stratificazione e secondo due altre serie di piani paralleli normali al piano di stratificazione, formanti tra loro un angolo di 70° ad 80° variabile secondo l'inclinazione degli strati, in modo che i trubi, se questi piani fossero perfetti, assumerebbero la struttura di prismi a base romboidale aggiustati gli uni accanto agli altri. La base di questi prismi corrisponderebbe al piano di stratificazione, e la diagonale maggiore della base rappresenterebbe la linea di massima pendenza di questo piano. Allorchè il deposito di questo calcare è stato un po' tormentato, ed i piani di stratificazione sono poco visibili, si confondono con questi i piani a loro normali. Per potere riconoscere in tal caso i piani di stratificazione, conviene osservare che non tutti gli strati di trubi hanno lo stesso spessore, lo stesso colore e soprattutto la stessa durezza. Esaminando adunque le linee che presentano uno stesso spessore ed una stessa durezza, riconoscibili facilmente dalla vivacità e salienza degli spigoli e dalla facilità maggiore o minore a ridursi in detriti, si possono distinguere i piani di stratificazione dai piani che sono ad essi normali. La direzione degli strati è facilmente determinabile quando uno strato duro e resistente è in contatto con uno strato tenero e facilmente riducibile in detrito.

I trubi verso la loro base sono non di rado sostituiti da un calcare marnoso ed azzurro chiamato ora *tufo palombino*, ora tufo semplicemente. Il tufo palombino è generalmente più marnoso dei trubi, ed in conseguenza meno compatto e meno resistente: esso si distingue specialmente per il suo colore grigio-oscuro, azzurro dovuto alla presenza di sostanze organiche. Lasciato all'aria, diventa meno

nero e prende un colore simile a quello dei colombi (palombe) salvatici. Per questa ragione appunto si chiama tufo palombino. Non di rado esso è impregnato degli stessi foraminiferi che si trovano nei trubi: qualche volta invece, e specialmente in contatto del minerale, esso è privo delle spoglie di questi animali. Il suo colore proviene in massima parte dalle marne azzurre dell'epoca anteriore, le quali vennero in parte corrose e trasportate dalle correnti che si stabilirono nei bacini solfurei, allorchè questi furono invasi dalle acque marine, ed è appunto per questa ragione che il tufo palombino si trova specialmente in prossimità dell'arenazzolo, oppure associato all'arenazzolo stesso.

Nel tufo palombino, ed in genere in tutto il deposito superiore al minerale di zolfo ed ai gessi fino ai trubi a foraminiferi inclusivamente, incontrasi arnioni o grani di marcassite. Essa proviene dall'ossido di ferro sparso nelle marne del miocene inferiore, dalla cui rovina parziale furono generati i depositi marnosi superiori al calcare solfifero. Il ferro, trovandosi in presenza di acque solfuree, venne trasformato in pirite la quale nei trubi assume la forma di piccoli grani o di ramificazioni, ma più soventi di cilindri di 3 ad 8 millimetri di diametro, aventi una lunghezza variabile da 4 a 10 centimetri. L'asse del cilindro è qualche volta vuoto, ed il cilindro è formato di tanti piccoli e lunghi cristallini di pirite, i quali partono tutti dal suo asse, e, prendendo una direzione quasi ad esso normale, si dirigono alla superficie esterna. La pirite di ferro nei trubi in massima parte è stata ossidata, e quindi anche i cilindri suddetti sono non di rado formati da perossido di ferro.

Questo deposito, essendo costituito da materiali dell'eocene superiore, spesso inalterati, ne assume perfettamente il carattere geognostico e paleontologico, e può quindi indurre facilmente in errore i geologi ed i paleontologi sulla sua natura. Il terreno solfifero è un deposito lacustre e lacustri sono qualche volta questi tufi. Il miocene inferiore è invece un deposito marino e marini sono i fossili che esso racchiude. Chi esaminasse i fossili trovati nel deposito sopraccennato dovrebbe caratterizzarlo come marino e come appartenente al miocene inferiore, mentre esso è non di rado lacustre ed appartiene al miocene superiore.

La Sicilia fu nell'epoca terziaria soggetta a movimenti lenti di oscillazione del suolo. I laghi dell'epoca solfurea, alla fine di quest'epoca, in virtù dell'oscillazione del suolo, furono lentamente invasi dalle acque marine, nelle quali si formò il deposito dei trubi e dei tufi impregnati delle orbuline, globigerine, ec. Il passaggio dal deposito lacustre al deposito marino non è così determinato che coll'apparire del secondo il primo cessi assolutamente.

La regione occupata dai gruppi solfiferi, oltre all'essere soggetta al movimento generale di oscillazione del suolo, fu in molti punti soggetta ad un movimento speciale di sollevamento che rese tormentatissima questa formazione. Egli è quindi probabile che nel primo periodo in cui le acque del mare cominciarono a penetrare nei laghi solfurei, sia per il movimento del suolo, sia per il trasporto delle materie, la comunicazione coll'oceano sia stata qualche volta interrotta, ed abbia avuto luogo in qualche località una sovrapposizione alternativa di depositi lacustri e di depositi marini. Nel li-

vello geologico corrispondente alla prima epoca, in cui la formazione marina cominciò a succedere alla formazione lacustre, si può quindi trovare uno strato contenente fossili o foraminiferi marini intercalati con strati dell'epoca solfifera, senza che tuttavia sia lecito caratterizzare come marine le rocce di quest'epoca.

Le marne intercalate coi trubi provengono dai terreni del miocene inferiore. In alcuni casi il deposito marnoso è il risultato di una frana verificatasi nei colli soprastanti ai laghi solfurei, quando essi vennero in contatto colle acque del mare, in altri casi invece è il risultato di correnti acququee. Il deposito è stato prodotto da una frana, quando è associato ad ammassi di calcare concrezionato o cavernoso dell'eocene superiore o di arenarie ferruginose aventi i loro spigoli ed i loro angoli vivi come i massi che sono trasportati dalle frane attuali. Se il deposito è prodotto invece da correnti acququee, esso è soventi volte formato da ciottoli più o meno arrotondati, costituiti da marna rovinata ma non disaggregata, e cementati da marna di natura identica, che disaggregata passò in sospensione nelle acque e, quando queste divennero quasi stagnanti, si depose dove si deposero i ciottoli marnosi.

La formazione di un deposito marnoso rassomigliante ad una poddinga, di cui, sia i ciottoli che il cemento, sono costituiti dalle stesse marne azzurre, si verifica ancora attualmente nei valloni e nei fiumi che percorrono questa regione della Sicilia. Le acque dei fiumi ed anche le acque dei valloni, allorchè ingrossano, corrodono le loro sponde, la marna si separa in tanti pezzi, i quali, se non sono troppo voluminosi, sono dalla corrente arrotondati sul loro letto ed arrotondati. Se il cammino percorso da questi pezzi non è troppo lungo, essi non hanno tempo di disfarsi completamente, e, sia per la marna in sospensione che si può tra loro depositare posteriormente, sia per la marna che in via di disaggregazione forma il loro involuppo, e che si distacca lentamente dopo il deposito dei ciottoli riempiendo i vuoti tra essi esistenti, questi vengono cementati, ed il deposito assume precisamente la struttura di una poddinga, della quale, sia i ciottoli che il cemento, sono formati dalla stessa marna.

Di queste poddinghe più o meno caratteristiche se ne incontrano in vari gruppi solfiferi superiormente ai gessi ed al calcare, come, per esempio, sopra la Solfara Grande di Sommatino, e specialmente all'Juncio sopra le solfate Giordano Tumminelli (Fig. 7, Tav. 2).

Ho detto poc'anzi che i trubi sono suddivisi naturalmente in tanti prismi a base romboidale più o meno irregolari, determinati dalla serie dei piani di stratificazione e dalle due serie di piani ai primi normali. Le faccie di questi prismi, e specialmente le faccie verticali determinate non dai piani di stratificazione ma dai piani a questi normali, sono nella maggior parte dei casi rivestite da un velo sottilissimo di perossido di ferro. Questi piani di rottura dei trubi fanno sì che le acque piovane contenenti aria ed acido carbonico in soluzione vi possono penetrare, ossidare le piriti che vi si trovano racchiuse, sciogliere l'ossido di ferro allo stato di bicarbonato e depositarlo poscia lungo il loro corso, che naturalmente doveva verificarsi specialmente nei piani normali ai piani di stratificazione della roccia.

La marcassite trovasi in maggiore abbondanza nel tufo palombino ed in genere nei tufi che sono alla base della formazione dei trubi o che sono intercalati col minerale.

Anche nel minerale di zolfo si trova, e dappertutto, pirite di ferro. La sua esistenza nel minerale è dimostrata chiaramente dal *pitirru* o solfato acido di ferro e di allumina, che si incontra in quasi tutte le gallerie da lungo tempo scavate e nei genisi o rosticci dei calcaroni; i quali, allorquando sono stati esposti per qualche tempo all'azione dell'atmosfera, diventano spesso coloriti più o meno intensamente in rosso dall'ossido di ferro. Quanto più il minerale è marnoso, tanto più in regola generale il colorito rosso dei rosticci diventa più carico, il che indica che i minerali marnosi contengono una proporzione maggiore di ferro.

Qualche volta le acque piovane, che filtrano a traverso i rosticci e sortono poscia lentamente ed in piccolissima quantità al loro piede, contengono in soluzione ferro probabilmente allo stato o di solfato o di carbonato, il quale si precipita passando allo stato di perossido. Il calcare solfifero è sempre più o meno marnoso: la marna proviene dai terreni dell'epoca antecedente e specialmente dal miocene inferiore (eocene superiore); nel quale trovasi sparsa una quantità notevole di ossido di ferro. Quanto maggiore è la quantità di marna associata al minerale, tanto maggiore è in conseguenza nella massima parte dei casi la quantità di ferro allo stesso minerale associata. Il ferro trovandosi nei laghi solfurei in presenza o del solfuro di calcio o dell'acido solfidrico, dovette passare necessariamente allo stato di pirite, ed in questo stato deve oggidì essere sparso nel minerale, ancorchè sia difficile vederlo direttamente e naturalmente.

I trubi possono con vantaggio essere impiegati nella fabbricazione delle calci idrauliche, le quali si comportano come cementi. La loro cottura perchè sia regolare deve essere fatta nei forni continui, e ciò avuto riguardo specialmente, sia alla varia e piccola grandezza dei pezzi di tubo somministrati dalle cave, sia al combustibile più conveniente in Sicilia, specialmente sulle miniere, che è il minuto del carbon fossile. Non entrerei qui a descrivere le dimensioni dei forni, la durata della cottura, la quantità di combustibile da impiegarsi, poichè ciò altererebbe la natura di questo scritto. I trubi compatti meno ricchi in foraminiferi paiono i migliori per la fabbricazione delle calci-cementi.

L'impiego dei trubi per le calci idrauliche e per i cementi è cosa importantissima nelle miniere di zolfo, nelle quali le acque tutte sono più o meno impregnate di acido solfidrico. Nella massima parte dei pozzi e delle gallerie principali costrutte in questi ultimi anni nelle solfare di Sicilia, si adoperò come cemento il miscuglio della pozzolana di Napoli colla calce proveniente dai calcari dell'epoca solfifera. Le pozzolane sono ricche di perossido di ferro e quella di Napoli, secondo VICAT, ne contiene il 16 per 100, quella di Roma il 12 per 100: ora, sotto la azione dell'acido solfidrico, il sesquiossido di ferro si riduce allo stato di protossido, quindi a quello di solfuro.

Le pozzolane, e in conseguenza i cementi con esse fabbricati, restano quindi chimicamente alterati e viene in conseguenza distrutta la loro forza di coesione. Questo deterioramento dei cementi è tanto maggiore quanto più è grande la quantità di sesquiossido di ferro contenuto nelle pozzolane. I cementi invece e le calci idrauliche risultanti dal tubo o dal calcare marnoso a foraminiferi, sono privi quasi intieramente di ferro e possono resistere più facilmente all'azione dell'acido solfidrico. I trubi si

trovano in tutti o quasi tutti i gruppi solfiferi: egli è quindi necessario ed utilissimo per l'industria che sia universalmente conosciuta la proprietà idraulica delle calce con essi fabbricate, ed il vantaggio che queste calce hanno nelle costruzioni soggette alla azione dell'acido solfidrico su quelle ottenute mediante l'impiego delle pozzolane.

Qualche volta questi trubi compatti sono associati ad una quantità più o meno notevole di solfato di calce che ne altera sostanzialmente la qualità, ed è per questa ragione che nella Memoria ho detto che essi non dovrebbero venire impiegati nelle costruzioni importanti.

Avendo fatto poscia nuovi saggi su varie qualità di trubi, debbo rettificare quello che ho detto nella Memoria a questo riguardo. In regola generale, se la roccia è bene scelta, non contiene gesso in quantità notevole per alterare le calce che sono quasi sempre molto idrauliche e passano ai cementi.

GENESI DEL BRISCALE. — Il briscale è solfato di calce originato dall'ossidazione dello zolfo in presenza della sua matrice calcarea e degli agenti atmosferici. Esso conserva quindi ancora la struttura del minerale, la sua potenza; e colla sua purezza e durezza, in genere co' suoi caratteri, serve a determinare la potenza, la struttura e la ricchezza del minerale.

Tutte le nozioni e le descrizioni che riguardano il briscale e le sue fasi, sono quindi interessanti per l'esplorazione delle solfate. Egli è difficile descrivere minutamente tutti i caratteri del briscale, ed indicare in ciascun caso quali sieno le conseguenze che è lecito dedurre sulla natura del minerale. Quanto ho detto nella Memoria su questo proposito mi pare sufficiente per potere guidare (chi è abituato a vedere briscale e minerale) a giudicare dalla prima roccia la natura della seconda.

Difficile è tuttavia in alcuni casi il giudizio, quando il minerale è associato a solfato di calce a struttura saccaroide, essendo difficile il determinare quanto solfato di calce provenga dall'alterazione del minerale e quanto abbia potuto essere associato al calcare. A questo si aggiunga che non di rado nei gruppi solfiferi si incontrano fra i gessi strati di ballatino che si disgrega facilmente e che si confonde facilmente col briscale.

Nella Memoria ho detto che il briscale ha una struttura compatta. Ciò è vero, se si guarda ad occhio nudo la roccia e senza fissarsi sopra un punto speciale; se invece si esamina il briscale con una lente ed anche qualche volta ad occhio nudo, si vede che esso è formato da tanti piccoli cristallini di solfato di calce. Quando questo solfato tuttavia è chiaramente e visibilmente cristallino è probabile che non derivi dall'alterazione del minerale. Importante è la tendenza del solfato di calce a raggrupparsi in cristalli, ancorchè non si separi da una soluzione, e sia originato dall'alterazione chimica e lenta di una roccia avente una struttura cristallina affatto diversa. Questo fatto dimostra che le costruzioni fatte in gesso col tempo perdono facilmente la loro resistenza. Il solfato di calce che ne costituisce il cemento, raggruppandosi lentamente in cristalli, perde della sua forza di coesione e le costruzioni minacciano quindi rovina.

Il minerale di zolfo, trasformandosi in briscale, aumenta di peso nella proporzione di 1 : 1,303. Se il minerale di zolfo fosse compatto, il volume della roccia dovrebbe

aumentare nel rapporto di $1 : 1,36$; siccome tuttavia il minerale di zolfo è poroso, se si suppone che il suo peso specifico sia solo di 1,9, nel passare allo stato di briscale esso aumenta di volume nel rapporto di $1 : 1,12$. In questo aumento di volume la roccia si contorce, sposta le rocce incassanti, si spacca anche secondo varie direzioni, e rovina spesso facilmente. Il briscale infatti è sempre fessurato, contorto, irregolare, in parte spostato, in parte rovinato a segno tale che nella maggior parte dei casi non presenta quasi più l'apparenza di uno strato o la presenta solo in pochi punti.

Anche le rocce incassanti il briscale, principalmente quelle che sono superiori, sentirono in modo straordinario l'azione di questo rigonfiamento dello strato solfifero nella sua chimica trasformazione: esse vennero rotte, e le parti staccate in vari casi rovinarono in basso. Sia le rovine che le fessure, resero il minerale di zolfo più accessibile all'azione ossidante dell'atmosfera e furono così causa di una serie di formazioni di briscale e di successive rovine. Queste rovine poi divennero colossali allorché lo strato di minerale e gli strati incassanti ebbero una inclinazione prossima alla verticale, sia per le rotture già determinate in questo sollevamento, sia per l'accesso più facile dell'aria e dell'acqua allo strato solfifero, e la sua più facile trasformazione in briscale; sia infine perchè appena le rocce furono spostate e le rotture determinate, la loro rovina fu quasi subito inevitabile. Chi volesse vedere un esempio colossale di queste rovine, esamini gli affioramenti della Solfara Grande di Sommatino. Egli è vero che il fuoco ed altre cause hanno contribuito a questa distruzione, ma la causa principale è la rottura e lo spostamento determinato dal rigonfiamento di uno strato di minerale molto inclinato e molto potente.

Allorché il terreno solfifero spunta ad una certa altezza sopra il fondo delle valli e sono scoperte le marne inferiori, in queste si determinano spesso delle frane che trascinano seco le rocce superiori dell'epoca solfifera, alle quali viene meno il sostegno, e determinano nuove rotture nella parte ancora intatta, rendendo più facile la penetrazione delle acque e dell'aria. Il risultato di questa serie di ossidazioni, di rotture, di frane, di rovine che sono a vicenda causa ed effetto le une delle altre, è stata la distruzione di una parte notevolissima del minerale di zolfo.

Il terreno solfifero della Sicilia oltre all'aver partecipato al movimento generale del suolo, fu soggetto principalmente alla fine dell'epoca solfurea a sollevamenti e rotture locali, che raddrizzarono e capovolsero in alcuni punti gli strati di minerale e determinarono la separazione di un gruppo in tante solfate assolutamente indipendenti le une dalle altre. Nei punti di rottura il minerale di zolfo restò esposto all'azione dell'atmosfera e si trasformò in briscale, il quale restò poscia coperto dalle rocce dell'epoca pliocenica.

Un esempio luminoso di questi fatti si ha nella solfara Pilieri in Floristella (Fig. 7*). Lo strato di minerale in *A* è capovolto, più in basso è verticale, ma da questo punto la sua inclinazione diminuisce progressivamente. Una galleria *PF* quasi al livello del vallone attraversa prima le marne plioceniche, le quali passano ai trubi nell'interno, ed in *E* incontra uno strato di briscale quasi verticale, al quale succede un calcare rotto e frantumato. Il briscale *E* rappresenta uno strato di minerale rotto e staccato dal

corpo principale delle solfare *CD*. Ritornando gli strati nella loro posizione primitiva, il punto *E* verrebbe ad unirsi col punto più basso *D* del minerale. Questo briscale, essendo difeso dalle marne plioceniche, deve essere stato prodotto prima che le marne plioceniche si deponessero in questa regione. Esso venne quindi originato durante l'epoca solfifera ed il minerale dovette essere in conseguenza esposto in quest'epoca all'azione dell'atmosfera. Fu la rottura tra *E* e *C* che portò in presenza dell'atmosfera la parte *E*: questa rottura, questo spostamento dovette quindi avere luogo o durante l'epoca solfifera o prima dell'epoca pliocenica.

Dall'esame dei trubi in *M* si può anzi arguire che la rottura, le piegature, il sollevamento ed il capovolgimento del minerale si verificò prima della loro formazione, poichè essi si trovano sovrapposti al minerale ed in discordanza di stratificazione. Questa è la sola località in cui abbia trovato i trubi in discordanza col terreno inferiore.

Dalla struttura della miniera Pecoraro, poco lontana dalla solfara Pilieri, appare che alla fine dell'epoca solfifera questa regione fu soggetta a movimenti considerevolissimi del suolo, e che il centro di questo sollevamento è ora rappresentato da una maccaluba.

Basta di avere per ora accennato come anche durante l'epoca solfifera abbiano avuto luogo rotture, sollevamenti del suolo, e formazioni di briscale che restò poscia coperto e difeso dalle marne plioceniche. Questa località dimostra che, allorquando il pliocene copre il terreno solfifero, e questo è molto tormentato, è quasi impossibile determinarne la struttura dai caratteri esterni, tante sono le fasi che può subire e gli scherzi che può presentare. Essa dimostra inoltre che una parte del minerale venne ossidata durante l'epoca solfifera, e che a questa ossidazione si deve attribuire almeno in parte la formazione dei gessi che si trovano nei giacimenti solfiferi.

ORIGINE DEI GESSI DEL MIOCENE SUPERIORE. — Il tempo necessario per la trasformazione del minerale di zolfo in briscale non è straordinario. Incontransi sulle solfare Gallizzi e Floristella mucchi di 0^m,60 di altezza ed 1^m,50 di diametro alla base, ivi depositati da 20 anni circa e trasformati completamente in briscale da alcuni anni. Il minerale di zolfo, se è abbandonato nelle cataste per un periodo di due o tre anni (le cataste hanno circa l'altezza di un metro) ha una resa notevolmente minore di quella del minerale subito estirpato. In due o tre anni l'ossidazione dello zolfo in presenza del calcare e degli agenti atmosferici prende quindi una notevole importanza. Dopo dieci anni esso è trasformato per la massima parte in briscale. Questo fatto dimostra che durante l'epoca solfifera una parte notevole del minerale ha dovuto passare allo stato di briscale o di solfato di calce, principalmente nei punti in cui per il movimento di oscillazione del suolo esso venne a sortire fuori dalle acque. Esso dimostra inoltre che la durata dell'epoca solfifera non fu straordinaria, poichè altrimenti invece dello zolfo si avrebbe solo solfato di calce. Questo solfato passò in soluzione nelle acque dei laghi, ed allorchè queste divennero sature, diede origine alla formazione dei gessi.

Partendo dalla struttura del minerale listato, che ho chiamato soriata, e che meglio *solata* si chiamerebbe, ho nella Memoria osservato che alcune solfare si sarebbero for-

mate in un periodo di 500 a mille anni, e che in altre la durata del tempo impiegato per la loro formazione non sarebbe stato minore di 4000 anni. Tenuto calcolo della facilità e della rapidità colla quale il minerale di zolfo esposto all'atmosfera si trasforma in solfato di calce, pare che nel periodo di 1000 a 4000 anni esso avrebbe dovuto passare quasi interamente allo stato di briscale. Egli è cosa certa che il minerale, il quale per il movimento del suolo, avvenuto durante l'epoca solfifera, venne ad essere esposto facilmente all'azione dell'ossigeno atmosferico, dovette in un lungo periodo di tempo ossidarsi completamente. Nei laghi, sotto il livello delle acque, il minerale venne notevolmente preservato da questa ossidazione per tre ragioni, cioè:

1° Per lo sviluppo del gaz acido carbonico dalle loro acque, allorchè queste contenevano in soluzione bicarbonato di calce ed acido solfidrico, e per la combinazione dell'ossigeno coll'idrogeno dell'acido solfidrico, ovvero col calcio del monosolfuro esistente in soluzione nei laghi.

2° Per la presenza nelle acque di sostanze organiche e specialmente degli olii e del gaz delle maremme, il cui sviluppo dovette essere un ostacolo all'ossidazione del minerale.

3° Per il deposito dei tufi che ora costituiscono i partimenti tra i diversi strati, o che si trovano superiormente al minerale nelle solfare. Questi tufi, essendo impenetrabili alle acque, impedirono l'accesso dell'aria allo zolfo sottostante e lo presero in conseguenza dell'ossidazione.

Una gran parte del minerale di zolfo deve tuttavia nell'epoca solfifera essersi ossidata e trasformata di nuovo in solfato di calce. Nella Memoria, ove trattasi della origine dei gessi, trovasi scritto:

« Che la presenza dei banchi di gesso inferiormente al minerale proviene probabilmente da un cambiamento di forma dei laghi solfurei o dal cambiamento di posizione delle sorgenti..... »

ed ho considerato i banchi di gesso inferiori al minerale a Messina ed alla Barachella presso Sommatino, come contemporanei dei gessi superiori di Grottilla e di Montagna, ed i gessi delle solfare Grottacalda, Floristella e Gallizzi, pure inferiori al minerale, come un deposito avente comune l'epoca e l'origine coi gessi superiori al minerale nel gruppo di Castrogiovanni. È probabile che tra i gessi di Montagna e Grottilla presso Sommatino ed i gessi delle solfare Messina e Barachella siavi il nesso sopraindicato; non mi pare tuttavia che questo nesso esista tra i gessi inferiori del gruppo Floristella ed i gessi superiori del gruppo Castrogiovanni. I gessi inferiori al minerale nelle solfare Gallizzi, Floristella e Grottacalda, provengono probabilmente dall'ossidazione completa degli elementi solfuro di calcio, acido solfidrico o minerale di zolfo nel primo periodo della sua formazione. A Grottacalda si trova zolfo inferiormente ai gessi suddetti. Questo zolfo, abbenchè sia molto magro ed in piccola quantità, dimostra tuttavia che le sorgenti solfuree apparvero e vissero in questa località prima della formazione dei gessi, e che questi gessi provengono in conseguenza con probabilità in parte dall'ossidazione completa del minerale, in parte forse da solfato di calce sciolto nelle acque delle sorgenti. Questa ipotesi è resa probabile dalla configurazione che vi presenta il terreno solfifero. Il minerale di zolfo vi forma 12 solfare circa indipendenti le une dalle altre

e, nel passaggio da una solfara all'altra, si osserva spesso non solo una diversità notevole di minerale, ma una sua lenta disparizione. Anche i gessi partecipano a queste disparizioni ed a queste variazioni. Il lago in cui si formò questo deposito, doveva quindi essere poco profondo e formato anzi da una serie di piccoli laghetti in parte divisi, in parte appena uniti gli uni agli altri. A questo si aggiunga, che il terreno vi è tormentatissimo e che i movimenti cominciarono ancora durante l'epoca solfifera, variando la forma dei laghi e la loro profondità. Queste variazioni rendono probabilissima l'ipotesi che i banchi di gesso inferiori al minerale in queste solfare provengano o dall'ossidazione completa degli elementi solfurei, che penetrarono nei laghi nella prima parte dell'epoca solfifera, oppure dall'ossidazione del minerale già deposto.

L'esistenza di banchi potenti di gesso inferiori al minerale, o con esso intercalati, è un fatto frequentissimo nelle solfare a tal segno che si può spesso dubitare, se essi debbano venire considerati come superiori in massima parte allo zolfo, oppure a questo inferiori. Egli è cosa certa che i gessi sono stati prodotti in parte dal solfato di calce contenuto in soluzione nelle acque delle sorgenti solfuree, in parte dall'ossidazione degli elementi solfurei; che questa ossidazione ebbe luogo in parte durante la formazione del minerale, in parte dopo che il minerale era già deposto, e che essi sono quindi in parte contemporanei del minerale, in parte posteriori e debbono perciò venire considerati piuttosto, in regola generale, come superiori che come inferiori al calcare solfifero.

ESPLORAZIONE DELLE SOLFARE. — Pochissime sono le località nelle quali il briscale comparisca alla superficie e non si sia ancora rinvenuto il minerale. Si incontrano tuttavia località nelle quali (come venne detto nella Memoria) il briscale è nascosto sotto il velo di terre arabili. Questo caso si verifica ogni qualvolta il minerale è tale da dare origine ad un briscale facilmente riducibile in detrito, specialmente quando esso è incassato fra rocce più resistenti all'azione delle piogge, come sono i gessi ed i calcari. A piccola profondità le terre arabili passano allora al briscale. Pochi metri più in giù questo è sostituito a sua volta da briscale insolforato, al quale succede infine il minerale di zolfo. Tutte queste variazioni si verificano generalmente coll'approfondirsi dello strato per 10 a 15 metri.

Il minerale di zolfo, il quale è esteriormente rappresentato da terre arabili, è sempre un minerale molto friabile e facile ad essere scavato. Tali sono, per esempio, i minerali molto ricchi ed i minerali detti perciulati, i quali sono costituiti da un calcare puro raggruppato in piccoli globuli di 4 a 10 centimetri di diametro, formati di tanti piccoli gruppi di cristalli di calcare associati a cristalli di zolfo sparsi nelle cavità di questa roccia. Il briscale generato dal calcare cristallino è sempre poco compatto, e si riduce facilmente in detrito, e, quando proviene da calcare perciulato, è friabilissimo e si separa in tanti grani corrispondenti ai vari gruppi di cristalli di carbonato di calce o di zolfo. Questi globuli si riducono, appena sono toccati, in tanti piccoli granelli bianchi, e la massa assume una struttura sabbiosa grossolana. I vuoti esistenti nel minerale perciulato, nel suo passaggio allo stato di briscale sparirono per il maggiore volume assunto dalla massa nella sua chimica trasformazione.

Anche i minerali tufacei, nei quali la marna ed il tufo sono molto abbondanti, all'esterno sono rappresentati da terre arabili. In tal caso però il minerale è poverissimo, e può venire considerato come il tufo che costituisce i partimenti tra i diversi strati di minerale, o come il tufo che si trova spesso alla base dei banchi soliferi e che contiene solamente amioni sparsi di zolfo saponaceo.

Più generalmente le terre arabili rappresentano appunto strati di marna o di tufo. Siccome tuttavia è sempre piccola la spesa necessaria per determinare da quale materiale esse provengano, sono rari i casi in cui non convenga fare un tentativo in queste terre per scoprire la roccia non alterata. Allorchè il materiale che diede origine alle terre arabili contiene solfato di stronziana, havvi probabilità immensa che questo materiale sia solifero, poichè il solfato di stronziana è sempre associato col minerale. Questo solfato nella formazione del briscale rimase inalterato, e nella disaggregazione sia del briscale che del tufo, i suoi cristalli rimasero uniti od al più suddivisi in poche parti sempre abbastanza grosse per potere essere visibili alla superficie delle terre arabili. La ricerca di questi cristalli è sempre cosa utilissima ogni qualvolta si dubita che le terre arabili suddette possano provenire da disaggregazione di un materiale solifero, e, quando essi si incontrano, si deve fare un tentativo, tuttochè questo nella massima parte dei casi non metta in evidenza che un minerale tufaceo e povero.

I capi maestri delle solfare hanno non di rado delle regole pratiche che meritano di essere prese in considerazione nei lavori di ricerca. Tale è, per esempio, quella che mi venne detta dal capo maestro COSTA che « *gli zolfi si gettano sempre dalla parte di mezzogiorno e mai dalla parte di mezzanotte.* » Ciò viene a dire che gli strati soliferi discendendo, inclinano sempre verso il Sud e mai verso il Nord. Questa regola è vera nella massima parte dei casi, se per inclinazione verso mezzogiorno si ammette che la linea di massima pendenza degli strati, linea che dinota appunto l'inclinazione suddetta, possa prendere tutte le direzioni immaginabili che si possono tracciare nei due quadranti Sud-Est e Sud-Ovest. Sonvi nondimeno delle eccezioni alla citata regola, la quale non è che una conseguenza naturalissima delle leggi che seguirono nel loro sollevamento il terreno solifero ed il terreno pliocenico. La direzione dominante di questi terreni è ad un dipresso Est-Ovest con inclinazione verso il Sud. Il terreno solifero tuttavia, essendo tormentatissimo e qualche volta capovolto, può presentare quasi tutte le direzioni ed inclinazioni immaginabili, abbenchè segua nella massima parte dei casi la legge ora citata.

Il calcare perciuliato deve esser considerato come un indizio dell'esistenza del minerale, non però in egual grado del briscale. Questa roccia, essendo minerale chimicamente alterato, è un segno infallibile della sua esistenza, mentre il calcare perciuliato è un segno qualche volta prossimo, qualche volta remoto della presenza dello zolfo e qualche volta un segno fallace. Allorchè esso rappresenta realmente la continuazione del banco solifero, questo si incontra coll'approfondirsi dello strato, ed in questo passaggio del calcare al minerale esso conserva la stessa struttura di quello che è privo di zolfo e si chiama anche esso minerale perciuliato. Lo zolfo poi trovasi sparso nella roccia in piccoli grani cristallini. Se il calcare presenta la struttura della solata, anche il minerale che vi corri-

sponde ha la struttura della solata, e gli straticelli si presentano con uno spessore identico e ne conservano perfettamente i caratteri. Se una parte di un giacimento è capovolta, in questa il minerale è spesso rappresentato da puro calcare perciulato, mentre nell'altra il calcare corrispondente è ricco in zolfo. I giacimenti solfiferi sono generalmente rotti e spostati in modo da costituire piccole solfare indipendenti le une dalle altre. Succede ora qualche volta che in una parte, specialmente nella parte alta, si incontri calcare perciulato, mentre nella parte limitrofa e da questa separata il calcare è ricco in zolfo.

Quando il calcare è bucherellato senza struttura solata, il minerale corrispondente (se esiste) generalmente è potente, e la sua ricchezza non è inferiore al 24 per cento.

I minerali perciulati si formarono allorchè le sorgenti solfuree furono o continue oppure intermittenti a brevi periodi. Se le sorgenti non restarono mai aride ed inattive, grande dovette essere in regola generale la quantità di materia solfurea da esse portata alla luce, e potenti devono essere in conseguenza i depositi nei quali incontrasi minerale perciulato, o minerale che per struttura a questo si avvicina; ed infatti nelle solfare nelle quali trovasi minerale perciulato, esso ha sempre una grande potenza. Le solfare Caico di Montedoro, la miniera Pecoraro a Floristella, la solfara di Fiume di Riesi presso Sommatino ec., racchiudono minerali che sono tutti più o meno perciulati. Essi sono facili all'estirpazione, e lo zolfo che se ne ricava è classificato come seconda avvantaggiata.

Se il calcare perciulato presenta la struttura della solata, e lo spessore degli straticelli non è inferiore a cinque o sei millimetri, il minerale corrispondente (ammettendo che esista) ha la stessa ricchezza e gli stessi caratteri ad un dipresso del minerale sovradescritto, poichè si deve osservare che il minerale perciulato sempre assume in alcuni punti di una solfara la struttura della solata, di modo che la prima varietà di minerale passa in alcuni tratti alla seconda, come la seconda passa alla prima.

Se invece il calcare corrispondente ad un minerale di zolfo è costituito da straticelli molto sottili, aventi per esempio 3 o 4 millimetri di spessore, è difficile che lo strato di minerale sia molto potente. Ogni straticello infatti segna una emanazione od un periodo di attività della sorgente solfurea. Dato quindi un numero definito e limitato di questi periodi, egli è cosa chiara che lo spessore totale del minerale dipende dallo spessore degli straticelli che si deposero in ciascuno dei periodi sopraccennati. Se lo spessore degli straticelli, sia del calcare perciulato, sia del briscale listato, è grande, havvi probabilità che il giacimento sia potente e ricco. Se piccolo è lo spessore di questi straticelli, piccola deve essere stata relativamente la quantità degli elementi costitutivi del minerale trasportata nei laghi di quest'epoca in ogni emanazione, ed è impossibile che il calcare e lo zolfo abbiano assunto una struttura cristallina molto sviluppata. Il minerale corrispondente a questo calcare, se non è associato a marne, può avere una ricchezza del 20 al 24 per 100, e nel calcarone, sotto l'azione del calore e della pressione, si riduce facilmente in piccoli frantumi e dà una piccola resa non superiore in regola generale al 10 o 12 per 100, specialmente se grandi sono i calcaroni in cui si tratta il minerale, e non si ha una cura considerevole nella sua cernita e nella sua disposizione.

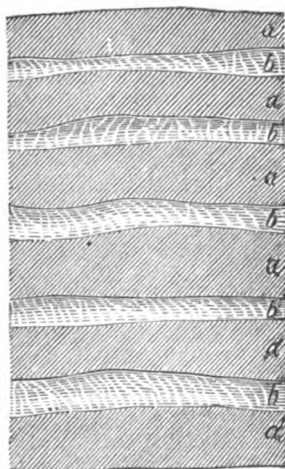
CAPITOLO V.

DETERMINAZIONE STRATIGRAFICA DI UN GIACIMENTO SOLFIFERO
COLL' ESAME DELLA DIREZIONE DEI CRISTALLI.

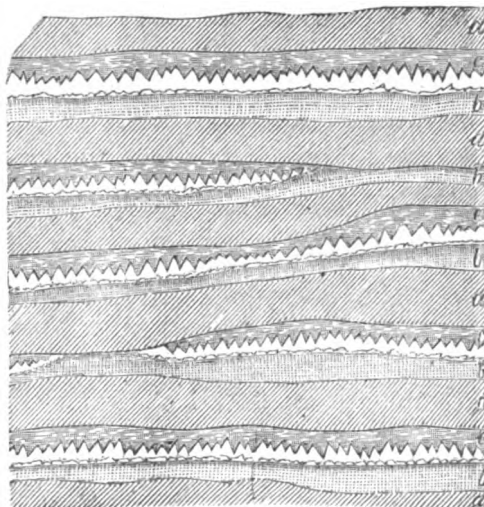
Il minerale delle solfare siciliane ora è composto di un calcare più o meno marnoso associato allo zolfo, ora invece presenta una struttura listata ed è formato da una serie periodica di straterelli di zolfo e di calcare, il cui spessore varia da tre millimetri sino a due o tre centimetri. Questa varietà di minerale fu chiamata nella Memoria, *rigata* o *soriata*; ma *solata* dovrebbe chiamarsi a similitudine delle suole, delle quali ha spesso lo spessore, e solata sarà chiamata d' ora innanzi o *rigata* o *listata*.

Tutto il minerale ha più o meno la tendenza ad assumere questa struttura. In alcuni strati di una solfara la struttura solata sarà appena visibile, in altri punti ed in altri strati invece sarà chiara e ben definita. Due sono i tipi della solata. Nel tipo *P* il

TIPO P.



TIPO Q.



periodo è rappresentato da uno straticello di calcare compatto e da uno straticello di zolfo. Nel secondo tipo, oltre gli straticelli suddetti si trova uno straticello di calcare cristallino inferiore immediatamente a quello di calcare compatto. Questi cristalli, i quali sono ora scalenoedri, ora romboedri inversi, hanno le loro punte dirette verso il basso

o verso il muro del minerale, mentre i cristalli di zolfo presentano le loro punte al calcare soprastante. Questa legge nella direzione dei cristalli di zolfo e di calcare, è generale, e si verifica in tutte le solfare, in tutti gli strati di minerale, purchè esso abbia la struttura della solata. Non debesi tuttavia credere che tutti assolutamente i cristalli di zolfo che si trovano nella solata abbiano le loro punte dirette verso il tetto del minerale, ed i cristalli di calcare si rivolgano tutti verso il muro. La genesi stessa

di questi cristalli indicata nella Memoria, dimostra che vari di questi cristalli possono avere le loro punte in senso inverso a quello ora cennato. Il calcare cristallino venne originato dalla scomposizione lenta o del bicarbonato di calce o del monosolfuro di calcio esistente in soluzione nelle acque racchiuse nei vuoti e nelle geodi del minerale. Se lo straticello di calcare compatto si trovò in qualche punto scoperto dal solito straterello di zolfo, il carbonato di calce originato dalla soluzione sopraccennata si portò in parte sul calcare suddetto. Si incontrano spesso nelle fessure, in cui scorrono le acque ricche di acido solfidrico, cristalli di zolfo che ne tappezzano le pareti principalmente nella loro parte più elevata. I cristalli suddetti provengono dalla scomposizione dell'acido solfidrico che si libera dallo stato di soluzione in cui è tenuto dalle acque, mentre esse scorrono al fondo delle fessure, e riempie i vuoti di queste fessure nelle quali quasi sempre penetra in proporzioni maggiori o minori l'aria atmosferica che determina la scomposizione del gas idrogeno solforato. Questo fatto potè verificarsi anche nei banchi solfiferi dopo la loro formazione, ed è quindi possibile trovare cristalli di zolfo aderenti alle pareti superiori dei vani esistenti nei minerali listati ossia nelle solate.

La legge sopracitata si verifica tuttavia sempre se si osserva la massa principale dei cristalli od il loro maggior numero, ed è specialmente nel calcare cristallizzato che si può constatare la sua esistenza.

Il terreno solfifero è tormentatissimo. Gli strati sono non di rado molto raddrizzati e qualche volta capovolti, nè è sempre facile il determinare in questi casi quale sia il muro e quale il tetto del minerale; e pure la determinazione di questo fatto è il primo elemento, è la prima nozione indispensabile per potere conoscere la configurazione della miniera e la sua importanza, e specialmente per potere determinare la posizione, la natura e l'estensione dei lavori.

Allorquando la serie dei terreni in un gruppo solfifero è quasi completa, cioè quando si incontrano oltre i gessi ed il calcare solfifero anche i trubi ed i tripoli, è facile il determinare quale sia la parte inferiore e quale la parte superiore di uno strato. Se tuttavia mancano i tripoli, ed i trubi sono molto sconvolti, se i movimenti che raddrizzarono e capovolsero gli strati di minerale cominciarono durante l'epoca solfifera, e specialmente se i gessi invece di essere superiori al minerale sono ad esso inferiori, se manca il calcare siliceo e si trova invece un banco di calcare privo di zolfo superiormente al minerale, non si ha più norma alcuna per potere determinare quale sia il muro od il tetto degli strati, nè se questi siano ancora disposti nel loro ordine naturale, oppure siano capovolti. In questi casi, se si può esaminare una località a minerale, la conoscenza della legge che seguono i cristalli di zolfo e specialmente i cristalli di calcare nella direzione delle loro punte è la guida più facile, più sicura per potere risolvere il quesito. Essa serve a determinare non solo se in una solfara il terreno è stato o no capovolto, quali sieno gli strati superiori e quali gli inferiori, quale la loro serie speciale in questa miniera, ma serve a riconoscere facilmente quali sono le singole parti della solfara che furono capovolte e quali in posto.

Se la solata o rigata contenente lo straticello di calcare cristallino, ossia il tipo Q

giacchè il tipo *P* non servirebbe in questa questione, è ben definita, la sua semplice ispezione in un punto serve a risolvere il quesito. Se questo minerale non è bene distinto, bisogna osservare la legge dominante nella direzione dei cristalli, specialmente in quelli di calcare, e non arrestarsi all'esame di un punto o di una località, a meno che in questo punto la solata abbia una struttura chiara e facilmente riconoscibile.

In alcune solfare invece della solata a tre periodi, tipo *Q*, si trova una solata o rigata nella quale il calcare cristallino è sostituito dal solfato di stronziana. La direzione dominante nelle punte di questi cristalli è anche in questo caso verso il basso o verso il muro del minerale. Questa legge è tuttavia incomparabilmente più difficile a riconoscere nel solfato di stronziana che nel calcare, essendo molti i cristalli che prendono una direzione diversa. Non è spesso che dietro un esame accurato che si può risolvere il quesito.

Nel solfato di stronziana bisogna esaminare non tanto le punte dei cristalli che spesso sono poco visibili, quanto il senso in cui i cristalli convergono. Questi cristalli formano tanti piccoli gruppi: ciascun gruppo è costituito da molti piccoli prismi di solfato di stronziana, che partono da uno stesso punto e divergono ad un dipresso come i cristalli di mesotipo. Un gruppo isolato di questi cristalli di solfato di stronziana rassomiglia ad un cono la cui superficie laterale, sia scanalata secondo le sue generatrici, e le scanalature aumentino proporzionatamente di larghezza a partire dal vertice del cono fino alla base. Una sezione attraverso l'asse di questo cono ce lo mostrerebbe come formato da varii cristalli che partono dal suo vertice come tanti raggi di una sfera.

Questi piccoli gruppi di solfato di stronziana sono attaccati od aderenti solo per il loro vertice al calcare od allo zolfo. La loro formazione cominciò dal vertice, ed i cristalli a misura che si allungarono si allargarono altresì. Allorquando uno straticello di solfato di stronziana si può staccare facilmente dall'altro materiale, la parte secondo la quale lo strato è attaccato al calcare od allo zolfo è generalmente rappresentata da tanti piccoli coni scanalati alti 3 ad 8 millimetri, larghi uno a due centimetri, ed è più facilmente riconoscibile questa parte dei cristalli che non la parte opposta dove essi presentano le loro punte. Se i cristalli di carbonato di calce che costituiscono lo straticello *c* nella solata, presentano quasi tutti le loro punte al muro del minerale (tipo *Q*), egli è perchè il carbonato di calce, nel separarsi dalla sua soluzione, tende per legge di chimica attrazione a portarsi sul calcare, il quale si trova alla parte superiore del vuoto esistente nella solata, come lo zolfo tende per la stessa legge a portarsi sullo zolfo sottostante.

Il solfato di stronziana non ha più nè per il calcare, nè per lo zolfo questa attrazione speciale, ed in conseguenza le prime molecole che si separarono dalla soluzione, e che divennero quindi l'embrione dei cristalli, il centro attrattivo delle molecole che si precipitarono posteriormente, possono essere aderenti od al calcare od allo zolfo. In regola generale, essi si portano a preferenza sul calcare, e quindi i cristalli di solfato di stronziana in massima parte rivolgono le loro punte verso il basso, restando il vertice dei coni, dal quale essi partono, aderente al calcare superiore.

In alcuni casi il solfato di stronziana forma nella solata, non uno, ma due strate-

relli racchiusi fra due straticelli consecutivi dello zolfo e del calcare compatto soprastante. Il solfato di stronziana è sempre cristallizzato, ed i cristalli costituenti questi due straterelli si presentano reciprocamente le loro punte, come le parti che nei filoni sono simmetriche. Il vuoto esistente nella solata si comporta allora come la fessura di un filone, il quale sarebbe stato riempito da solfato di stronziana.

Pare in tal caso cosa impossibile il potere determinare dalla direzione dei cristalli quale è il tetto e quale il muro del minerale. Se tuttavia si esaminano molti di questi straterelli, si trova che lo straticello appeso al calcare compatto, e che tiene il posto dello strato di calcare cristallino, è più continuo e molto più potente che non lo straticello sottostante, il quale spesso è interrotto ed è sempre di importanza molto minore che lo strato superiore.

L'esame dei cristalli di solfato di stronziana e di calcare si deve fare quasi sempre nell'interno delle solfate. Egli è quindi necessario in regola generale che il minerale sia già scoperto, perchè l'esame di questi cristalli possa essere utile sotto il punto di vista industriale. In alcune circostanze tuttavia questo studio si può fare all'esterno. Qualche volta uno strato di minerale è sostituito specialmente all'esterno da un calcare perciniato o da un calcare solfifero privo di zolfo, che, fatta astrazione da questo elemento, assume la stessa struttura della solata e contiene, sebbene meno importante e meno distinto, lo stesso straticello di calcare cristallino che si trova nel minerale. Non essendo ivi il calcare in presenza dello zolfo, si conservò inalterato, e quindi dall'esame de' suoi cristalli si può determinare quale sia la parte superiore e quale la parte inferiore del giacimento.

Qualche volta il minerale è associato a solfato di stronziana; questo si trova allora altresì nel briscale, senza avere subita alcuna chimica alterazione, ed è quindi facile anche in questo caso il determinare la direzione dominante de' suoi cristalli ed il muro ed il tetto del minerale come nel caso precedente.

I cristalli che generalmente possono servire all'esterno di guida nei casi complicati per determinare la struttura di un giacimento, e specialmente il tetto od il muro degli strati, sono i cristalli che costituiscono i banchi potenti di gesso.

Il calcare, il gesso, il minerale di zolfo, il tufo, sono rocce la cui successione cronologica può presentare tutte le combinazioni possibili. Dall'ordine di queste rocce, non si possono quindi distinguere i primi depositi dai depositi posteriori. L'esame dei banchi di gesso cristallino è in questi casi un mezzo sicuro per questa distinzione.

I gessi nel terreno solfifero si presentano od allo stato compatto od allo stato cristallino. Nel primo caso essi sono quasi sempre fogliettati ed associati con una piccola proporzione di marna. I gessi fogliettati sono chiamati *ballatini* dai Siciliani, perchè sono adatti all'estrazione delle *balate* o delle lastre. Essi nei giacimenti indicano chiaramente la direzione, l'inclinazione degli strati e tutte le piccole piegature ed ondulazioni alle quali questi strati furono soggetti. I ballatini si intercalano spesso coi gessi cristallini, rendendo così più isolati e più distinti i loro diversi banchi. Questi sono formati di cristalli i quali prendono la struttura del ferro di lancia, colla differenza che essi sono lunghissimi e stretti.

I due cristalli *A* (fig. 2*) rappresentano i prismi primitivi del solfato di calce; la superficie *BCDE* la base di questo prisma. La punta del ferro di lancia è rivolta al muro e la sua apertura invece al tetto dello strato. Bisogna tuttavia in vari casi esaminare molti cristalli per determinare con sicurezza il senso dominante nella loro formazione. Allorchè i cristalli sono molto grossi e sviluppati, con un semplice sguardo anche a distanza si può spesso riconoscere l'apertura e la punta della lancia e quindi la base primitiva dello strato.

Questa regola ha anche essa le sue eccezioni, le quali sono più apparenti che reali. I cristalli di gesso, come i cristalli di solfato di stronziana, si ramificano e formano dei gruppi. Come nel solfato di stronziana il principio e l'embrione di un gruppetto di cristalli è il vertice di un cono ed i cristalli sono diretti secondo le generatrici; così anche nei gessi la punta della lancia è il principio e l'embrione de' suoi cristalli. Da questo vertice partono due cristalli accollati in senso inverso, i quali rappresentano i prismi sovra descritti. A questi cristalli si accollano altri cristalli e si forma così qualche volta un gruppo, che prende la forma di un cespuglio erboso di cui le foglie sono inclinate e dirette in tutti i sensi. In questi casi, se si considerano i cristalli i quali rappresentano le foglie diametralmente opposte di un cespuglio nel punto in cui sono orizzontali, si trova che, mentre uno ha la punta della lancia diretta in un senso, l'altro l'ha diretta in un senso diametralmente opposto. Questo fatto si verifica solo quando i cristalli sono molto sviluppati, ed è una conseguenza naturale della lentezza e della tranquillità con cui si deposero le molecole. Quando i cristalli prendono questa forma, chi gli esamina senza tenere calcolo del modo con cui sono raggruppati, deve necessariamente credere assurda la legge sopracitata, poichè essi presentano tutte le direzioni presentate dai raggi di una semisfera.

Un esempio magnifico di questi cespugli di cristalli di solfato di calce, e che si piegano come foglie in senso orizzontale, si incontra sulla via che da Sommatino conduce alla Solfarella, tra questa miniera e la montagna. In faccia alla Solfarella i gessi sono potenti e presentano tutte le varietà del terreno solfifero. Fra queste varietà è degno di osservazione un banco dello spessore di 70 centimetri circa, composto di grossi cristalli che vi formano una serie non interrotta di gruppi in forma di cespugli, la cui altezza è precisamente quella dello strato.

Accade qualche volta che un banco di gesso è formato di cristalli che presentano chiaramente la forma del ferro di lancia, e che stanno tutti diritti dal muro al tetto, senza che tuttavia lascino apparentemente vedere la legge che seguitano nella loro cristallizzazione. Nel sollevamento e nelle piegature del terreno solfifero gli strati di gesso che si trovarono alla superficie, non potendo raccorciarsi e ridursi ad una minore lunghezza, assunsero una configurazione ondulata e formarono spesso una serie di calotte sferiche, le quali permisero agli strati di conservare la loro lunghezza in tutti i sensi. Ora, se si tronca con un piano una di queste calotte sferiche, i cristalli di gesso, tuttochè conservino la loro struttura lanceolata, presentano in queste lance tutte le direzioni immaginabili come nel caso precedente in cui prendono la configurazione di cespugli.

La figura 3* rappresenta una sezione naturale nei gessi soprastanti al paesello di

Raddusa. Sotto di essa è invece la proiezione delle sezioni orizzontali delle calotte sferiche di questa località.

Esaminando la figura 3^a si vede che i cristalli di gesso presentano le loro punte al muro dello strato e l'apertura del ferro di lancia al tetto dello strato medesimo.

Le lineette *a a* (fig. 2^a) sono visibili solo perchè i cristalli non si laminarono perfettamente e le lamine si ruppero secondo le facce laterali del prisma.

Nella proiezione orizzontale tutte le punte dei cristalli accoppiati, ossia tutte le punte a ferro di lancia, si rivolgono verso il centro del circolo originato dalla sezione delle calotte sferiche. Se gli strati fossero capovolti, le punte suddette dei cristalli sarebbero invece dirette verso la periferia dei circoli. Si può quindi riconoscere anche dalla posizione orizzontale delle sezioni suddette se lo strato è o no capovolto, abbenchè sia difficile il determinare la sua direzione e la sua inclinazione con una sufficiente approssimazione, a meno che i gessi cristallini non siano intercalati coi ballatini.

In alcuni casi la determinazione del muro o del tetto di uno strato di gesso si può fare dall'esame degli angoli dei cristalli.

L'angolo *B* (fig. 2^a) che rappresenta la punta del ferro di lancia è il doppio dell'angolo *D*. Le punte dei cristalli di gesso dalla parte del tetto sono quindi molto più acute che dalla parte del muro, ed uno dei suoi lati è inoltre normale al tetto medesimo. L'osservazione di queste punte è tuttavia molto delicata e difficile, e siccome quasi sempre si possono esaminare i cristalli secondo una sezione o verticale o trasversale dei banchi, conviene sotto ogni riguardo ricorrere all'osservazione di queste sezioni per determinare la base primitiva dello strato.

Come prova irrefragabile della legge che seguitano i cristalli di gesso nella loro struttura e nella loro direzione, basta esaminare i depositi di solfato di calce aderenti alle pareti delle fessure, nelle quali penetrano ed evaporano lentamente acque che lo contengono in soluzione. Questi depositi sono costituiti da cristalli, i quali prendono la forma del ferro di lancia e presentano sempre netta e distinta l'apertura di questo ferro verso l'interno della fessura, mentre la loro punta è sempre aderente alle pareti della fessura medesima, dimodochè i cristalli si guardano mostrandosi reciprocamente non la punta ma l'apertura della lancia.

Chi non ha studiato geologicamente ed intimamente alcuni giacimenti di zolfo della Sicilia, difficilmente si immagina quante difficoltà si incontrino qualche volta nel determinare la configurazione e la struttura del terreno solfifero, nè può credere quanto importante sia nell'industria in alcuni casi l'esame dei cristalli di carbonato di calce, di solfato di stronziana e di gesso. Eppure in alcuni casi senza l'esame di questi cristalli è impossibile il determinare quale sia il muro e quale il tetto del minerale.

Già ho osservato che le rocce che accompagnano da vicino il minerale, i gessi cristallini, i tufi, il calcare, possono presentare nella loro serie, nel loro ordine di successione cronologico, quasi tutte le disposizioni possibili. Dal loro ordine di successione non si può quindi avere una norma per determinare quali siano gli strati depositi prima e quali gli strati depositi posteriormente, e, se mancano i trubi ed i tripoli che costituiscono i termini estremi del miocene superiore ed il terreno è molto sconvolto, non

si ha più alcuna guida per risolvere questo quesito. Egli è vero che non tutte le parti di un giacimento sono sempre sconvolte, raddrizzate a segno tale da non potere subito riconoscere facilmente in alcuni punti del gruppo quali siano gli strati più e quali meno antichi, e che, determinato in questi punti l'ordine col quale si succedono i gessi, il calcare privo di zolfo e lo zolfo, si possiede spesso una norma per potere stabilire quale sia la base degli strati nei punti dello stesso giacimento in cui essi sono molto tormentati. Ma gli strati variano non di rado di spessore e spariscono da un punto all'altro di un gruppo, nè mancano i casi in cui il loro ordine di successione al principio del giacimento ed alla fine sono diametralmente opposti, come per esempio a Sommatino. L'esame invece dei cristalli serve a risolvere la questione nelle singole parti di un giacimento, serve a determinare il muro ed il tetto degli strati, e quindi la configurazione e la struttura del terreno nella località stessa in cui si fa l'esame.

Potrei citare varie circostanze in cui l'esame dei cristalli mi giovò notevolmente per determinare l'andamento del minerale. Citerò tuttavia due casi molto interessanti.

La solfara di Floristella, rinomatissima nell'isola, consta di una serie di solfare indipendenti le une dalle altre. Fra queste le più importanti sono Pilieri e Pecoraro.

La fig. 6^a rappresenta la solfara Pecoraro.

AA' sono le marne del miocene inferiore. In M ha sede in queste marne una macaluba, la quale senza essere molto importante è tuttavia in attività incessante.

CC' è il calcare inferiore allo zolfo. In C esso ha un'inclinazione di 20° a 25° gradi. In D lo strato probabilmente è rotto e poi diventa verticale ed indi capovolto, ed in C' ha un'inclinazione solamente di 25° a 30° gradi. E è uno strato di tufo nero; esso si è poi incontrato anche in E' .

a, b, c , sono gli strati di minerale.

a , ha uno spessore di 8^m a 10^m .

b , uno spessore di 6^m a 8^m .

c , uno spessore di 2^m a 3^m .

Lo strato superiore c nella sua parte più elevata diventa povero o privo di zolfo e costituisce un calcare detto calcare *perciulato* o calcare *puleggiaro*. Il calcare puleggiaro o bucherellato s'incontra altresì in c' , ma è ivi assolutamente privo di zolfo. Sopra il calcare perciulato nell'interno della solfara si trova l'arenazzolo, e l'arenazzolo si trova altresì in g' sotto il calcare. La parte centrale q è costituita da tufo palombino e trubi a foraminiferi contenenti ossido di ferro proveniente dall'ossidazione delle piriti, e piriti non ancora ossidate.

La serie con cui queste rocce si succedono secondo la sezione indicata, dimostra ad evidenza che la parte $g' c' E' C'$ dell'arenazzolo, del calcare perciulato, del tufo e del calcare superiore, è capovolta. Questa serie delle rocce è tuttavia all'esterno talmente mascherata, che è appena riconoscibile in qualche punto da chi già possiede il concetto della struttura del giacimento. Le marne A infatti formarono anticamente una frana, la quale non si arrestò finchè i massi ed i pezzi di calcare provenienti dalle rovine dello strato C , mescolati colle marne, furono in quantità sufficiente per arrestarne il corso. Il calcare C poi è appena visibile in alcuni punti sporgenti; in

parte è coperto dal fabbricato della solfara, in parte dai genisi o dai rosticci dei calcaroni e non figura come uno strato ma come un complesso di massi.

Lo strato di tufo *E* e l'arenazzolo *g* non sono nemmeno discernibili da chi ne avesse la conoscenza e li cercasse all'esterno con tutta l'attenzione e la cura immaginabile. Il briscale è solo visibile di fianco alla solfara: quello generato dal calcare solfifero perciulato *c* si disfece completamente riducendosi in detrito.

L'arenazzolo superiore, i trubi ed il tufo *E'* sono mascherati completamente da detriti di terre vegetali e da genisi del minerale già esistente. Lo strato infine di calcare perciulato *c'* non è continuo, si mostra solo in massi di 4 a 5 metri o più sporgenti a traverso la terra vegetale, dimodochè chi visita questa località non vi riconosce facilmente l'esistenza di un banco di calcare, se si eccettua un piccolo tratto della regione Nord del giacimento, e può credere che i massi di questa roccia sporgenti a traverso la terra vegetale provengano dalle rovine della cresta del monte. I banchi di questo calcare in *C'* non hanno che un'inclinazione di 25°. Questa inclinazione aumenta discendendo a tal segno che, quando gli strati cominciano ad essere coperti dalle marne *A'* della maccaluba, essa è già di 50° a 60° gradi circa.

I massi di calcare *c'* (perciulato) ed il calcare superiore *C'*, hanno una struttura affatto diversa, nè si può ammettere che dalle rovine della cresta del colle provengano i blocchi *c'* sporgenti a traverso le terre vegetali sottostanti. Ciò che rende importante l'esame di questi massi è la presenza di cristallini di calcare in straterelli come nella solata. Essi hanno costantemente le loro punte dirette verso l'alto. Questa costanza nella direzione dei cristalli dimostra che questi massi non provengono da rovine di altri calcari, e che rappresentano l'affioramento di uno strato, non solo raddrizzato, ma rovesciato con un angolo di 155°. Se ora si ammette rovesciato il calcare perciulato *c'*, deve essere rovesciato anche il calcare *C'*; ed infatti dalla prima impressione prodotta dall'aspetto del calcare e dalla maccaluba *M*, giudicai che vi fosse rovesciamento. Restava tuttavia a determinare se il minerale fosse anch'esso rovesciato. Se il minerale fosse stato rovesciato sarebbe stata cosa conveniente ricercare inferiormente verso il vallone *H* la parte della solfara non rovesciata. Se invece il minerale non aveva partecipato a questo rovesciamento, conveniva ricercare lo strato solfifero rovesciato tra la cresta del monte ed i banchi in coltivazione.

Per risolvere questa questione dovetti ricorrere all'esame dei cristalli nella solfara. Da questo esame constò che il minerale non è rovesciato e che è stato sollevato solo di 25°. Avendo poscia avuto occasione di avere informazioni sulle rocce incontrate nell'esecuzione dell'acquedotto *HS* (ora impraticabile), si seppe che esso percorse a principio marne azzurre analoghe a quelle che si trovano presso la maccaluba, e poscia penetrò in un calcare simile al calcare *C'*, al quale tenne dietro uno strato di tufo e poscia il minerale di zolfo.

Conveniva quindi ricercare sopra la solfara attuale lo strato solfifero rovesciato e, siccome sopra la solfara in coltivazione non appariva briscale ma solo il calcare perciulato *c'* e le terre vegetabili specialmente in *E'*, lo zolfo (dato che vi esistesse) doveva rinvenirsi in corrispondenza dello strato di calcare perciulato, oppure in corrispondenza delle terre arabili *E'*.

Il calcare perciulato, come venne accennato, si può considerare come l'affioramento del calcare solfifero in un punto in cui è privo di zolfo, e spesso coll'approfondirsi dello strato diventa ricco e passa al minerale come il briscale. Le terre arabili rappresentate in *E'* poi possono provenire da detriti del briscale. Un dubbio serio tuttavia sorgeva contro la presenza dello zolfo in corrispondenza di queste terre arabili dall'esistenza della maccaluba in *M*.

Gli strati del miocene superiore sono rovesciati non solo in faccia alla maccaluba nella solfara Pecoraro, ma anche nella limitrofa miniera Calì, ed a misura che diventano più distanti dalla maccaluba diminuisce il loro rovesciamento o l'angolo della loro rotazione. Essi diventano quindi verticali e poscia riprendono il loro ordine naturale di sovrapposizione.

Questo fatto dimostra che la maccaluba in *M* fu un centro di sollevamento, fu la sede di grandiosi fenomeni eruttivi. Queste eruzioni delle maccalube sono accompagnate spesso da fango il quale si depone in loro vicinanza. Ora la parte rovesciata del giacimento di Pecoraro, qualora fosse ritornata nella sua posizione primitiva verrebbe a posarsi sul terreno della maccaluba. Nella Memoria i tufi che sono intercalati col minerale sono stati considerati nella massima parte dei casi come il prodotto di eruzioni delle maccalube. Ammessa questa ipotesi doveva arguirsi come cosa probabile che lo strato *E'*, rappresentato all'esterno da terre arabili, fosse costituito da tufi o da marne nerastre provenienti da eruzioni come i partimenti. Tale appunto era il timore concepito su questo giacimento. Ciononostante non conveniva risparmiare la spesa di un tentativo per esplorare queste località: in caso che le terre arabili rappresentanti lo strato *E'* fossero provenute dai detriti del briscale, il minerale inferiormente sarebbe stato ricco almeno come quello della solfara sottostante ed avrebbe rappresentato un capitale considerevolissimo.

Abbenchè si temesse d'incontrare tufo in luogo dello zolfo si fece adunque una piccolissima galleria orizzontale *PQ* per esplorare il terreno: essa camminò a principio nei trubi tutti sconvolti in modo da dimostrare che il giacimento era rovesciato; poi incontrò il tufo palombino, il quale non è che un tubo colorito alquanto da sostanze organiche; indi l'arenazzolo, poscia il calcare perciulato ed arrivò infine allo strato *E'*, il quale disgraziatamente si trovò costituito da tufi della natura di quelli che sono eruttati dalle maccalube. Il calcare *C'* fu l'ultima roccia incontrata dalla galleria. Se la spesa del tentativo quantunque piccola fu perduta, esso dimostrò tuttavia che il giacimento è veramente capovolto e che il tufo *E'* è con probabilità immensa dovuto all'azione eruttiva della maccaluba, e che a fenomeni eruttivi analoghi sono dovuti i partimenti tra i diversi strati di minerale ed i tufi che spesso si trovano alla base del minerale suddetto.

Giova osservare che in quasi tutto il gruppo Grottacalda, Floristella e Gallizzi, inferiormente al minerale esistono banchi più o meno potenti di gesso. Nel feudo Floristella questi gessi mancano solo nella solfara Pecoraro e nella parte limitrofa della solfara Calì, nella quale si osserva pure il rovesciamento degli strati.

La disparizione lenta e graduale dei gessi nel giacimento coll'approssimarsi alla mac-

caluba di Pecoraro, indica che il suolo nel periodo della loro deposizione doveva in questa località essere elevato sopra il livello delle acque, oppure ad una piccola profondità sotto questo livello, e dimostra in conseguenza, che la sede della maccaluba attuale era un centro di eruzioni fangose e solfuree e poscia anche di sollevamento.

Il tufo eruttato dalla maccaluba si depose nei suoi dintorni e formò così il banco compreso tra il calcare perciuiato ed il calcare *C'*. L'acqua sulfurea invece si sparse nel laghetto vicino e, scomponendosi in presenza dell'atmosfera, lasciò depositare il calcare solfifero. L'ossidazione, sia dello zolfo libero contenuto nel minerale, sia dello zolfo allo stato di acido solfidrico in soluzione nelle acque del lago, ossidazione resa facile dalla sua piccola profondità e dall'esposizione del minerale all'aria atmosferica, specialmente nelle epoche di siccità, diede origine alla formazione dei gessi che si incontrano potenti inferiormente al minerale in tutte le solfate circconvicine. Questi gessi sono quindi in parte posteriori, in parte contemporanei forse del primo strato di minerale che si depose a Pecoraro.

In regola generale il suolo in Sicilia nell'epoca miocenica raggiunse la sua massima altezza durante la formazione del calcare siliceo o del minerale di zolfo; a partire da questo punto esso cominciò a discendere finchè fu di nuovo invaso dalle acque marine. Il suolo a Grottacalda, Floristella e Gallizzi cominciò a discendere durante la formazione dei gessi. Quando le acque raggiunsero una certa altezza, il minerale depositato non poteva più venire direttamente in contatto cogli agenti atmosferici eccetto in pochi punti; lo zolfo venne preservato dall'ossidazione ed invece del deposito di solfato di calce si ha il deposito del minerale. Il lago venne poscia invaso dalle acque marine e la sabbia trascinata dalle correnti venne a formare l'arenazzolo che si trova in tutto il gruppo superiormente al minerale. Coll'arenazzolo termina la formazione lacustre.

Il sollevamento ed il rovesciamento di una parte del giacimento di Pecoraro, fu prodotto posteriormente alla formazione dell'arenazzolo e dei trubi e quindi nell'epoca stessa in cui cominciarono a manifestarsi in Sicilia i fenomeni vulcanici. (Vedi la Memoria dove tratta della influenza vulcanica nella riduzione dei solfati). Questo fatto dimostra che le maccalube, se nella loro vita ordinaria sono indipendenti dalle cause vulcaniche, sono tuttavia in relazione con queste cause nell'epoca della loro apparizione e durante i loro parossismi. Considerando la maccaluba di Pecoraro come un centro delle eruzioni fangose e solfuree del bacino Grottacalda, Floristella e Gallizzi, non intendo di attribuire la formazione del minerale in tutto questo gruppo ad emanazioni avvenute in Pecoraro. Altre maccalube o meglio altri fori o crateri di eruzione, si trovarono in questo gruppo probabilmente secondo una linea che passa a Nord Ovest delle creste di Grottacalda, si dirige alla maccaluba di Pecoraro, passa al Nord della solfara Pilieri di Floristella ed attraversa infine la regione di Gallizzi.

Dal fin qui detto appare che la miniera di Pecoraro è una delle più interessanti per lo studio geologico del terreno solfifero.

Essa dimostra:

1° Che una grande importanza nel determinare la struttura di una solfara tormentata si deve attribuire all'esame dei cristalli e specialmente ai cristalli di calcare;

i quali, siano gli strati capovolti, siano nel loro ordine di sovrapposizione, sempre osservano la legge che le loro punte sono nelle solate definite dirette verso il muro primitivo della formazione.

2° Che il minerale può non solo variare rapidamente di ricchezza e di potenza, ma sparire completamente là dove varia l'inclinazione del calcare dell'epoca solfifera.

3° Che le maccalube furono centri parziali di sollevamento dei terreni, e che in conseguenza questi punti dovevano essere soggetti da vicino alla causa che determina le dislocazioni degli strati terrestri, ossia alla causa vulcanica considerata in vasta scala; e che in conseguenza havvi una grande probabilità che i terreni, i quali furono sede delle maccalube, abbiano sentito vivamente l'azione del calore interno della terra che determinò in vasta scala la riduzione del solfato di calce in solfuro di calcio.

4° Che le maccalube furono sede sia delle eruzioni fangose che costituiscono i partimenti tra i diversi strati di minerale ed i banchi di tufo che sono generalmente al minerale sottostanti, sia delle emanazioni solfuree che diedero origine alla formazione del minerale.

La solfara Pilieri (fig. 7^a) serve a dimostrare che anche l'esame dei cristalli di solfato di stronziana può guidare a determinare la configurazione di una miniera.

E è uno strato di briscale. A questo succedono pezzi di calcare che possono figurare uno strato od un complesso di massi, come quelli che si trovarono nell'escavazione di un pozzo. Lo stesso dubbio sorge rispetto al briscale. Esaminando il briscale *E*, vi si trovano cristalli di solfato di stronziana i quali hanno le loro punte dirette verso l'entrata della galleria. Questo fatto serve ad arguire, che sia il briscale che il calcare sono i rappresentanti di uno strato solfifero e dello strato calcareo sottostante.

Più a valle in corrispondenza di questo briscale si aperse una piccola solfara, nella quale i cristalli di solfato di stronziana presentano la stessa direzione. Lo strato solfifero è diviso in due in questa piccola solfara e presenta tutti i caratteri che presenta lo strato *C D* nella grande miniera. Anche in questa solfara i cristalli di solfato di stronziana presentano le loro punte verso l'entrata della galleria. Il tetto o la parte superiore di tutti questi strati è quindi dalla parte del vallone: tra *C* ed *E* deve quindi essersi verificata una rottura; lo strato *C* deve essere troncato in *D* e la sua continuazione si trova da *E* discendendo. Tra *E* e *D* non si trova quindi più minerale. In questo tratto venne incominciato un pozzo bene eseguito con tutti i suoi accessori dall'ingegnere SCOTTI per l'estrazione del minerale e delle acque: questo pozzo non è ancora terminato. I lavori ulteriori serviranno a dimostrare se le previsioni concepite sulla struttura di questa solfara in seguito all'esame dei cristalli sono esatte.

Se queste previsioni si verificano, si può dire che il pozzo è ben collocato, poichè esso è ad una distanza dallo strato in coltivazione tale, che non può partecipare agli scoscendimenti ed ai movimenti che sono determinati dalle cadute che succedono nella lavorazione per pilastri e gallerie di uno strato potente e molto inclinato, e nello stesso tempo lo spazio da percorrere dallo strato al pozzo è così breve, che piccolissima è la spesa di trasporto e più che compensata dalla sua maggiore sicurezza, per esser al coperto dai movimenti che potrebbero determinarne la rottura. Misurando la distanza

tra *F* e *C* si può sapere con una certa approssimazione sino a quale profondità debba ancora discendere lo strato *D* e a quale profondità si debba aprire dal pozzo una galleria di carreggiatura e di scolo delle acque.

Lo strato *E* pare che non oltrepassi il vallone, poichè a valle dell'entrata della galleria si trovano quasi orizzontali i gessi, i quali debbono essere inferiori al minerale. Essendo il briscale in *E* quasi verticale, è probabile che questo strato ad una breve profondità sia anche esso troncato, come lo è probabilissimamente in *D* lo strato della solfara principale.

Potrei citare altri esempi, in cui l'esame dei cristalli è fecondo di osservazioni importanti non solo per la scienza ma anche per l'industria. Gli esempi di Pilieri e specialmente di Pecoraro mi paiono tuttavia sufficienti per dimostrare l'utilità e la necessità di queste osservazioni.

L'esame dei cristalli di calcare, di solfato di calce e della legge che essi seguono nella loro direzione, fu una conseguenza dello studio della genesi dello zolfo. Questo studio, il quale pare poco utile per l'industria, è stato causa di molte osservazioni che non si sarebbero fatte altrimenti e che tuttavia sono di importanza immensa per l'industria.

DURATA DELLE SOLFARE. — La quantità di zolfo ancora al presente racchiuso nei giacimenti della Sicilia venne nella Memoria valutata a 500 o 550 milioni di quintali metrici. Avendo poscia per la formazione della Carta geologica osservato accuratamente alcuni gruppi solfiferi che prima aveva solo attraversato, ed avendo studiato in tutti i dettagli l'andamento degli strati ed il loro limite, credo che la cifra di 500 milioni di quintali metrici sia esagerata.

La lunghezza media di questi gruppi non è superiore a tre chilometri e la loro larghezza a 450 o 500 metri. Quanto alla ricchezza del minerale ed allo spessore medio degli strati si possono ammettere le ipotesi stabilite nella Memoria. Le solfare isolate di piccola importanza sparse nella zona solfifera non furono considerate come un gruppo, a meno che esse appariscano solo come una piccola parte di un giacimento che messo in evidenza meriti effettivamente il nome di gruppo. È cosa sommamente difficile il potere determinare il limite dei gruppi solfiferi: il giacimento è sempre diviso in varie piccole solfare corrispondenti alle varie sue parti, staccate completamente le une dalle altre, ed aventi in media un'estensione minore che non è quella delle parti sterili dalle quali esse sono separate. Per definire il limite di un gruppo bisogna definire il limite di tutte queste piccole solfare.

Gli strati di minerale spariscono spesso bruscamente anche nelle parti centrali dei giacimenti, tuttochè continuino le altre rocce dell'epoca solfifera e specialmente i gessi. Questo fatto può dipendere da due cause: 1° Dalle variazioni subite dai laghi nel loro contorno e nella loro profondità, allorchè cominciarono le emanazioni solfuree; 2° Dall'ossidazione completa sia degli elementi solfurei appena furono apparsi nei laghi, sia dal minerale già deposto con formazione di solfato di calce. Ed è appunto alla grande quantità di minerale trasformato in solfato calcico durante questo periodo, che si deve

attribuire (come ho procurato di dimostrare trattando dell' origine dei gessi) la formazione di una parte notevole del deposito gessoso dell' epoca solfifera.

La distruzione del minerale continuò poi in larga scala nell' epoca pliocenica e nel periodo successivo, e continua ancora al presente. Alcuni gruppi solfiferi sparirono quasi intieramente in queste epoche, altri furono notabilmente rovinati. Anche il miocene medio ed inferiore, come si può osservare dall' ispezione del terreno, subirono, come formazioni, perdite colossali, principalmente perchè costituiti per i $\frac{9}{10}$ almeno da marne che si disgregano facilmente sotto l' azione degli elementi atmosferici, e che per la loro finezza sono facilmente trasportate dalle acque.

In poche regioni probabilmente i terreni furono rovinati in proporzioni maggiori anche dopo l' epoca pliocenica come in Sicilia, sia per la loro natura marnosa e fragnosa, sia perchè vennero sollevati ad un' altezza considerevole sul livello del mare, rotti e fessurati in modo da dare origine a molte valli, per le quali una parte notevole del loro materiale venne esportato all' oceano. Si può ritenere che i $\frac{9}{10}$ del terreno pliocenico, il quale ha in varie località come nei dintorni di Piazza Armerina una potenza non inferiore a 500 o 600 metri, furono rovinati ed esportati.

Per tutte le sovraesposte considerazioni credo che il minerale solfifero non rappresenti un $\frac{1}{5}$ della quantità di zolfo trasportata nei laghi dell' epoca miocenica.

Nel giudicare quindi della ricchezza ed estensione dei depositi di zolfo in Sicilia si deve tenere calcolo di tutte queste trasformazioni e rovine subite dal minerale dall' epoca miocenica all' epoca attuale inclusivamente, trasformazioni e rovine che, sia per la natura del minerale, sia per i grandi movimenti a cui soggiacque il suolo, sia per la natura dei terreni sui quali è basata la formazione solfifera, furono forse in media immensamente più grandi per queste che per altre miniere, specialmente se si ha riguardo all' epoca poco remota in cui esse si formarono. Per queste ragioni pare che, invece di ammettere che la metà, ed in alcuni casi i due terzi, della superficie occupata in media da ciascun gruppo solfifero racchiude inferiormente minerale di zolfo, si può con maggiore probabilità di avvicinarsi al vero stato delle cose ammettere che la parte utile occupata da ciascun gruppo è circa la metà della sua estensione. Modificando in questo senso il calcolo relativo alla quantità probabile di zolfo posseduta dalla Sicilia, senza alterare le ipotesi relative alla ricchezza media del minerale, allo spessore medio degli strati ed al numero dei gruppi solfiferi, risulterebbe che la Sicilia possiede ancora 260 milioni di quintali metrici. Data quindi un' escavazione (non una produzione) di 2,400,000 quintali all' anno, corrispondente ad un dipresso all' escavazione annua attuale, la durata di queste solfare sarebbe di un secolo od al più di un secolo ed un quarto se la produzione si conservasse costante. Questa produzione in seguito alla costruzione delle ferrovie, delle strade ordinarie ed ai miglioramenti che si introdurranno nella coltivazione delle solfare, deve tuttavia aumentare; e quindi la durata di queste miniere sarà certamente minore del tempo ora accennato. In questa cifra di 260 milioni di quintali metrici è compreso lo zolfo dei gruppi completamente mascherati.

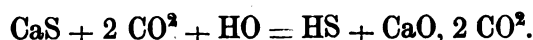
CAPITOLO VI.

IPOTESI DELL'AUTORE DELLO SCRITTO SULLA GENESI DEL MINERALE DI ZOLFO.

Due sono le ipotesi esposte nella Memoria per spiegare la genesi del minerale di zolfo.

La prima è quella di attribuire questo minerale alla scomposizione contemporanea nelle acque dei laghi dell'acido solfidrico e del bicarbonato di calce, recativi da sorgenti che contenevano in soluzione queste sostanze in proporzioni corrispondenti ad un dipresso ai loro chimici equivalenti. La seconda è quella di supporre che queste sorgenti contenessero in soluzione monosolfuro di calcio, invece del bicarbonato di calce e dell'acido solfidrico.

Tutte e due queste ipotesi si riducono poi ad una ipotesi sola. Lo zolfo sarebbe sempre originato dalla scomposizione del monosolfuro di calcio proveniente dalla riduzione per mezzo delle sostanze organiche dei gessi esistenti nel miocene inferiore. Solo nella prima ipotesi (bicarbonato di calce ed acido solfidrico) il monosolfuro di calcio sarebbe stato scomposto allo stato nascente in presenza dell'acqua e dell'acido carbonico originato dall'ossidazione delle sostanze organiche :



Nel secondo caso invece sarebbe rimasto indecomposto durante il periodo della riduzione dei solfati e sarebbe passato in soluzione allo stato di monosolfuro nelle acque che lo portarono nei laghi dell'epoca solfifera.

Nella Memoria ho adottato tutte e due le ipotesi, attribuendo tuttavia maggiore importanza nella formazione delle solfure siciliane alle sorgenti contenenti in soluzione monosolfuro di calcio. Le ragioni che mi indussero ad attribuire maggiore importanza alle sorgenti di questa natura, piuttostochè a quelle di bicarbonato di calce, furono le seguenti :

1° La facilità colla quale le acque contenenti in soluzione bicarbonato di calce ed acido solfidrico lasciano sfuggire facilmente quest'acido allo stato di gaz prima che sia scomposto, generando così minerale povero, in cui il calcare e lo zolfo non possono più essere nella proporzione di 76 a 24, proporzione che si verifica ad un dipresso nei minerali siciliani.

2° La diversità di struttura dello zolfo originato dalla scomposizione dell'acido sol-

fidrico nei laghi di Tivoli e nelle numerose sorgenti solfuree che si trovano in Sicilia, principalmente presso le solfare, il quale è sempre compatto, concrezionato come lo zolfo saponaceo, mentre lo zolfo che si trova associato al calcare e che costituisce la gran massa del minerale in Sicilia, ha una struttura resinosa e cristallina. Questa diversità di struttura pare indicare un'origine diversa.

3° Il legno fossile e le foglie che si incontrano nel minerale di zolfo in Sicilia, invece di essere petrificati, come sono le erbe che si trovano nei laghi di Tivoli e nelle acque contenenti bicarbonato di calce, sono perfettamente conservate, fatto naturalissimo qualora si ammetta la scomposizione del monosolfuro di calcio nelle acque dei laghi solfurei.

4° La produzione di una quantità così considerevole di minerale di zolfo, la potenza degli strati solfiferi, avuto riguardo alla loro piccola estensione, non avrebbe potuto avere luogo senza la riduzione in una scala immensa del solfato di calce associato colle sostanze organiche nel miocene inferiore. Questa riduzione in vasta scala esige una elevazione di temperatura nei centri solfiferi dipendente dall'azione vulcanica.

I raddrizzamenti, i capovolgimenti degli strati dell'epoca solfifera, ed in genere i grandi sconvolgimenti a cui soggiacque questo terreno, l'influenza che vi esercitarono le maccalube, l'apparizione delle rocce basaltiche nei dintorni della zona solfifera alla fine dell'epoca miocenica, sono fatti che collimano coll'esistenza di un'influenza vulcanica, ancorchè remota, in questa regione, e che rendono in conseguenza probabile l'elevazione di temperatura dei terreni sottostanti al terreno solfifero, e quindi la formazione del monosolfuro rimasto indecomposto e passato poscia in soluzione nelle acque dei laghi solfiferi.

5° La sede dei solfati che, ridotti dalle sostanze organiche, diedero origine al minerale di zolfo, è il miocene inferiore della Memoria. La parte più elevata di questo terreno è costituita da banchi potentissimi di marna impermeabili alle acque. La riduzione dei solfati avrebbe quindi avuto luogo senza la presenza delle acque che dovevano portare nei laghi gli elementi necessari per la formazione del minerale. Le acque sarebbero poscia penetrate a traverso fessure prodotte dai movimenti del suolo e le sorgenti sarebbero comparse sotto forma di maccalube, le quali esercitarono un'influenza evidente nel terreno solfifero e specialmente nella formazione dei partimenti.

6° Una delle considerazioni più importanti che mi indussero ad ammettere che il monosolfuro di calcio si sia scomposto nei laghi dell'epoca miocenica, è la presenza dei banchi di tripoli e del calcare alquanto siliceo inferiormente ai banchi di minerale. La formazione dei banchi di tripoli è stata considerata come una conseguenza dell'azione dell'acido carbonico (prodotto dalla riduzione dei solfati per mezzo delle sostanze organiche) sui silicati delle argille e marne inferiori al terreno solfifero, della successiva scomposizione di questi silicati in presenza dell'acqua e della segregazione della silice, che potè così fornire materia agli infusorii per la formazione delle loro spoglie.

L'azione dell'acido carbonico sulle argille marnose del miocene inferiore diede origine alla formazione di bicarbonati, i quali si precipitarono in grande scala allorchè le

acque divennero sature, generando i banchi del calcare siliceo. L'apparizione posteriore dello zolfo dimostrerebbe che gli elementi solfurei vennero sciolti molto tempo dopo la riduzione dei solfati, dalla quale venne prodotta una massa considerevole di acido carbonico, le cui esalazioni ebbero luogo nel periodo della formazione dei tripoli.

Tutte queste considerazioni hanno sicuramente il loro peso. Temo solo di averne esagerato alquanto l'importanza, e di avere attribuito in conseguenza alle sorgenti contenenti in soluzione bicarbonato di calce ed acido solfidrico un'influenza molto minore di quella che ebbero effettivamente nella formazione del minerale di zolfo, e, tuttochè ammetta sempre le reazioni che ho esposte nella Memoria ed i fatti che ne sono la conseguenza, credo tuttavia che può sempre esservi dubbio se il monosolfuro di calcio si scompose nella massima parte dei casi allo stato nascente, e se alle sorgenti di acido solfidrico e di bicarbonato di calce si deve in conseguenza attribuire in massima parte la formazione dei banchi solfiferi.

Il determinare se lo zolfo sia venuto alla luce allo stato di acido solfidrico o di monosolfuro di calcio è una questione molto ardua, poichè dal predominio dell'acido carbonico o dell'acido solfidrico dipende la natura della sorgente solfurea.

Se l'acido solfidrico è in predominio sull'acido carbonico, le acque possono contenere in soluzione monosolfuro di calcio ed acido solfidrico. Se l'acido carbonico invece è in predominio sull'acido solfidrico, in tal caso il monosolfuro di calcio si scompone in presenza dell'acqua e dell'acido carbonico suddetto con formazione di carbonato di calce e di acido solfidrico. Se la riduzione dei solfati ebbe luogo in presenza dell'acqua, le sorgenti (così venne detto nella Memoria) dovettero contenere in soluzione acido solfidrico e bicarbonato di calce. Ciò è vero, se la riduzione dei solfati venne operata interamente a spese del carbonio delle sostanze organiche. Siccome però anche l'idrogeno delle sostanze suddette può avere esercitato la sua azione riducente sul solfato di calce, così può essere che l'acido solfidrico sia stato in predominio sull'acido carbonico, e che il monosolfuro di calcio e l'idrogeno solforato sieno venuti alla luce in seno alle stesse acque.

Nella Memoria trovansi esposte tutte le considerazioni che militano in favore dell'ipotesi che le sorgenti contenessero in soluzione monosolfuro di calcio. In questa Appendice saranno esposte diffusamente le ragioni che militano in favore della ipotesi che le sorgenti solfuree contenessero in soluzione bicarbonato di calce ed acido solfidrico. Queste ragioni si trasformano naturalmente in una specie di critica della prima ipotesi, ma non alterano la sostanza della Memoria, servendo solo ad attribuire ad una parte di essa un'importanza maggiore di quella che le venne attribuita.

1° La prima delle considerazioni esposte in favore dell'ipotesi *sorgenti di monosolfuro di calcio*, è che l'acido solfidrico si disperde facilmente nell'atmosfera prima di scomporsi. Le acque dei laghi di Tivoli contengono in soluzione oltre a vari elementi (come solfato di calce, cloruro di magnesio, cloruro di calcio, solfato di stronziana) bicarbonato di calce ed acido solfidrico in proporzioni tali che, se l'acido solfidrico non sfuggisse allo stato di gaz, il deposito risultante conterrebbe il 14 per 100 in zolfo. Il calcare invece è ivi poverissimo di questa sostanza. L'acido solfidrico si disperde

nell'atmosfera e fa sentire il suo odore ad alcuni chilometri di distanza. Questo fatto è sicuramente un'obiezione importante contro l'origine del minerale di zolfo dalle soluzioni di idrogeno solforato e di bicarbonato di calce, principalmente se si tiene conto dell'importanza che dovevano avere le sorgenti dell'epoca solfurea in Sicilia.

Se tuttavia si suppone che le sorgenti erano piccole rispetto alla quantità di acqua contenuta nei laghi, l'acido solfidrico avrebbe potuto stare in soluzione e venire successivamente scomposto in presenza dell'ossigeno atmosferico in zolfo ed acqua. Questa supposizione non è assurda.

L'acqua, alla temperatura di 11° ed alla pressione atmosferica, può contenere in soluzione due volte e mezzo il suo volume di acido solfidrico. Se gli straterelli che si osservano nella solata sono il risultato delle emanazioni di un anno, e, se si osserva che lo spessore di questi straterelli in media non è superiore a 6 od 8 millimetri, di cui un millimetro e mezzo o due millimetri sono rappresentati da zolfo, le acque dei laghi avrebbero dovuto contenere in soluzione una quantità di acido solfidrico rappresentato da un volume avente per base la superficie del lago e per altezza metri 2,161 a 2,881. Per contenere in soluzione questa quantità di acido solfidrico le acque, nelle condizioni suddette di temperatura e di pressione, avrebbero dovuto avere un'altezza di $0^m,86$ ad $1^m,15$. Egli è vero che la temperatura delle acque dei laghi era più elevata nel quale caso la loro altezza per tenere in soluzione la quantità sopraccennata di acido solfidrico, dovrebbe essere superiore. Giova tuttavia osservare che diventando l'acqua profonda aumenta notevolmente la pressione a cui è sottomesso l'acido solfidrico, ed aumenta in conseguenza notevolmente la quantità di questo gaz che l'acqua può tenere in soluzione. Le acque profonde erano quindi come una specie di serbatoio di acido solfidrico, il quale poteva così scomporsi a poco a poco a misura che veniva in contatto coll'atmosfera.

L'altezza di $1^m,15$ di acqua è minore di quella che annualmente si evapora in Sicilia, e dimostra in conseguenza la possibilità e la probabilità che il minerale corrispondente ad un periodo nella solata sia il risultato delle emanazioni di un anno.

Se nei laghi di Tivoli il gaz idrogeno solforato si disperde così facilmente nell'atmosfera, egli è specialmente perchè le acque sono ivi in continuo movimento. Le acque del laghetto delle Colonnelle a breve distanza entrano in quello delle acque Albule, dal quale parte un canale della portata di un metro cubo per secondo. L'effetto della scomposizione dell'acido solfidrico comincia appena ad avvertirsi ad una distanza di 200 metri dal lago. L'acqua comincia ivi ad intorbidarsi, e l'intorbidamento per la scomposizione dell'idrogeno solforato aumenta ancora a un chilometro e mezzo di distanza. A questa distanza le acque, non ostante il loro movimento, il loro rinnovarsi più volte in contatto coll'atmosfera, contengono quindi ancora idrogeno solforato in soluzione. Se esse rimanessero tranquille, questo gaz non si disperderebbe quindi così facilmente e potrebbe scomporsi quasi intieramente in contatto coll'atmosfera.

Le acque del lago dei Tartari invece sono sempre stagnanti, tranquille, e sono quindi sempre torbide per lo zolfo che esse contengono in sospensione originato dalla scomposizione dell'acido solfidrico. Se non vi si verifica un deposito di zolfo abbondante,

può essere che questo dipenda da che la sorgente che lo alimenta, è meno ricca assai di acido solfidrico di quello che lo siano le acque Albule; può essere infine, ciò che è più importante, che questa piccola quantità di zolfo si ossidi completamente in presenza del calcare con formazione di solfato di calce, il quale sia successivamente esportato dalle acque del lago per meati sotterranei.

La rapidità colla quale il minerale minuto esposto all'atmosfera si trasforma in briscale od in solfato di calce, rende probabile questa congettura. Nei giacimenti solfiferi della Sicilia una parte notevole dei gessi, e specialmente quelli che sono sottostanti al minerale e che vi formano non di rado banchi considerevoli, proviene dall'ossidazione completa dello zolfo in presenza del calcare.

Le pareti dei laghi solfurei della Sicilia, tolti i tripoli ed il calcare siliceo, erano costituite da banchi potentissimi di marne dell'epoca miocenica, all'acqua impermeabili. Le marne dovevano occupare una posizione più elevata che i laghi, poichè le acque solfuree che alimentavano i laghi suddetti, provenivano appunto dal miocene inferiore. Il solfato di calce non poteva quindi essere esportato dai laghi, e doveva in essi precipitarsi interamente a misura che le acque divenivano sature e formare così banchi potenti di gesso. Nella Campagna romana invece i laghi sono racchiusi tra travertini, i quali sono permeabili alle acque e lasciano loro facilmente il campo ai meati sotterranei. Le sorgenti che alimentano questi laghi contengono infatti in soluzione cloruro di sodio, cloruro di magnesio in quantità abbondante, solfato di magnesia, solfato di calce, ed il difetto assoluto di un deposito di queste sostanze nel lago dei Tartari, il quale non ha scolo apparente, prova che esse sono per vie nascoste dalle acque esportate in soluzione.

2° La struttura resinosa semi-cristallina dello zolfo di Sicilia, diversa interamente da quella prodotta dalla scomposizione dell'acido solfidrico nei laghi di Tivoli, e specialmente nel canale delle acque Albule, come pure nei diversi canali in cui scorrono le acque delle numerose sorgenti solfuree che si incontrano nell'isola, è sicuramente una obbiezione seria all'origine dello zolfo dalla scomposizione dell'acido solfidrico.

In questi canali tuttavia se le molecole di zolfo non possono raggrupparsi in cristalli, ciò dipende specialmente da che le acque sono in continuo movimento. Se invece le acque fossero tranquille e lenta la chimica scomposizione dell'idrogeno solforato, lo zolfo si precipiterebbe lentissimamente e potrebbe raggrupparsi e costituire un deposito avente la struttura del minerale siciliano. Lo zolfo saponaceo o compatto o concrezionato, si incontra quasi sempre nelle marne o nei tufi sotto forma di lenti o di arnioni, ed il minerale contenente questa specie di zolfo è sempre povero rispetto a quello che è costituito da zolfo a struttura resinosa.

L'associazione della marna allo zolfo, ossia di una materia estranea al calcare che è la sua matrice legittima, nel mentre ci somministra la ragione della povertà del minerale, serve altresì a spiegare il perchè lo zolfo vi abbia assunto la struttura compatta. La marna infatti, essendo una materia di trasporto, indica che le acque che la depositarono erano in movimento e che lo zolfo in conseguenza, invece di aggrupparsi in una massa cristallina, doveva assumere lo stesso carattere di quello che si depone nei canali nei quali scorrono acque solfuree.

A questo si deve aggiungere la presenza degli olii e delle sostanze bituminose in tutte le rocce dell'epoca solfifera, le quali dovettero operare come scioglienti sopra una parte dello zolfo. I cristalli isolati infatti che si incontrano nelle solfare, ed anche alcuni massi di zolfo puro come quelli che si trovano nella solfara di Casteltermini, provengono, come i cristalli delle Romagne, dallo zolfo contenuto in soluzione in seno a questi olii od a questi bitumi. Non si deve tuttavia attribuire un'influenza in vasta scala all'azione sciogliente di questi olii, sia perchè piccola è la quantità di bitume che si incontra nelle solfare (poche eccezzuate), sia perchè un'influenza di questa natura avrebbe avuto per effetto di concentrare lo zolfo in alcuni punti speciali, distruggendo quell'associazione costante dello zolfo e del calcare nel rapporto di 24 a 76 che si osserva nelle solfare, fatta astrazione dalle materie estranee, e che dimostra in modo evidente che questi elementi erano insieme chimicamente cementati.

3° Nei laghi di Tivoli le erbe che crescono sulle loro sponde, le foglie che si trovano nelle loro acque, sono prima incrostate e poi petrificate, mentre in Sicilia il legno fossile e le foglie che si trovano nel minerale, sono perfettamente conservate. Nelle solfare di Racalmuto si incontrò tuttavia un'erba simile a quella che si incontra nelle paludi ed anche nelle acque correnti, perfettamente petrificata dal carbonato di calce, come le erbe che si trovano nei laghi sopracennati. Alle diverse ramificazioni di quest'erba erano aderenti cristalli di zolfo giallognoli perfettamente trasparenti. Questo saggio dimostra che le acque dei laghi solfurei contenevano in soluzione bicarbonato di calce ed in conseguenza altresì idrogeno solforato. Egli è quindi probabile che dalla scomposizione dell'idrogeno solforato pervengano altresì i cristalli di zolfo che ingemmano la petrificazione suddetta. Allorchè il minerale proviene dalla scomposizione del monosolfuro di calcio in presenza dell'atmosfera, le piante che si trovano immerse nelle acque solfuree non possono sicuramente venire petrificate per la ragione che il carbonato di calce, a misura che si forma dalla scomposizione del monosolfuro di calcio in presenza dell'acido carbonico e dell'ossigeno atmosferico, si precipita, nè può passare allo stato di bicarbonato, nè in questo stato penetrare nei pori delle erbe e delle piante e sostituirsi alla loro materia.

Due sono le cause che contribuiscono nei laghi di Tivoli all'incrostazione ed alla petrificazione delle erbe. La prima è la loro vita vegetale, nel quale periodo esse scompongono l'acido carbonico che tiene in soluzione il carbonato di calce, il quale deve in conseguenza precipitarsi nel loro contatto e produrre una incrostazione. Quest'effetto non si potè verificare sulle piante che furono trascinate nei laghi e che avevano cessato di vivere.

La seconda causa è la precipitazione del carbonato di calce originato dal disperdimento nell'atmosfera dell'acido carbonico; ed è quindi specialmente in contatto coll'atmosfera ad una piccola profondità che si producono facilmente le petrificazioni. Ad una profondità notevole l'acido carbonico è tenuto facilmente in soluzione dalla pressione delle acque soprastanti. Se quindi un tronco di un albero, una foglia o simile viene per una circostanza qualunque a discendere al fondo dei laghi ad una notevole profondità, esso vi resta sepolto prima di venire petrificato. Tale pare essere la ragione

della conservazione perfetta del legno fossile e delle foglie nelle solfare siciliane, qualora la loro origine sia dovuta ad emanazioni di bicarbonato di calce e di acido solfidrico.

4° Ho osservato nella Memoria che la struttura della solata e la maggior parte dei fatti che si osservano nelle solfare, si possono spiegare colle emanazioni di acido solfidrico o di bicarbonato di calce in modo pressochè analogo a quello con cui si spiegano questi fenomeni nell'ipotesi di emanazioni di monosolfuro di calcio. Ripeterò quindi quanto ho detto nello scritto precedente sulla genesi della solata per mezzo della scomposizione del monosolfuro di calcio, applicandovi l'ipotesi che le sorgenti solfuree contenessero in soluzione acido solfidrico e bicarbonato di calce.

La varietà di minerale chiamata solata, è interessante per il periodo costante che si osserva nella serie degli straterelli di zolfo e di calcare. Questo periodo dimostra un'azione periodica nelle cause che presiedettero alla formazione del minerale di zolfo. L'ipotesi dell'esistenza di sorgenti intermittenti alimentate dalle acque piovane, che, penetrando a traverso i terreni inferiori, venivano a sciogliere gli elementi che servirono alla formazione del minerale, è in armonia perfetta col fatto sovraccennato.

Se le sorgenti non sono intermittenti ma continue, se cioè non cessano per comparire di nuovo, il minerale presenta una struttura irregolare, poichè in tal caso la scomposizione del bicarbonato di calce e dell'acido solfidrico succede contemporaneamente ed in modo continuo, e quindi lo zolfo ed il calcare restano mischiati in modo uniforme. Se invece le sorgenti sono intermittenti ed il tempo trascorso tra una emanazione e l'altra è abbastanza lungo, perchè gli elementi suddetti possano scomporsi totalmente, il minerale deve presentare la struttura della solata, poichè la scomposizione del bicarbonato di calce e dell'acido solfidrico non procede con eguale rapidità nelle loro equivalenti chimiche proporzioni ed i precipitati prodotti da questa scomposizione non possono in conseguenza essere mischiati in modo uniforme, ma debbono almeno in gran parte sovrapporsi l'uno all'altro. A questo si aggiunga che il carbonato di calce si precipita rapidamente, mentre lo zolfo prodotto dalla scomposizione dell'acido solfidrico resta per un tempo lunghissimo in sospensione nelle acque e non si depone che lentissimamente.

Se le sorgenti minerali sono intermittenti, ogni periodo di attività di queste sorgenti è rappresentato da uno straterello di calcare, povero di zolfo, e da uno straterello di zolfo, e si ha quindi la solata in cui il periodo consta di due termini rappresentata col tipo *P*. La solata rappresentata nel tipo *Q* in cui il periodo consta di tre termini, cioè di uno straterello di calcare compatto, di uno straterello di zolfo ed infine di uno straticello di calcare bianco cristallino, venne prodotta in un modo analogo a quello indicato per la formazione di questa varietà di minerale nell'ipotesi di sorgenti contenenti in soluzione monosolfuro di calcio.

In questa varietà di solata si verifica sempre uno spazio vuoto più o meno interrotto tra lo straterello di zolfo e lo straterello di calcare cristallino. Questo spazio vuoto doveva venire occupato dalle acque contenenti in soluzione bicarbonato di calce ed acido solfidrico. Le chimiche scomposizioni di queste sostanze così racchiuse, la formazione del carbonato di calce e la separazione dello zolfo, succedettero quindi lentamente

e tanto il primo che il secondo si raggrupparono in cristalli. Lo strato di carbonato di calce cristallino è sempre in capo allo straterello di zolfo ed aderente allo strato superiore di calcare compatto. La ragione di questo fatto è ovvia e naturale. Le molecole di carbonato di calce, a misura che si precipitavano, dovevano portarsi a preferenza sul calcare superiore che sullo zolfo sottostante, e lo stesso reciprocamente si deve dire dello zolfo.

Ho osservato altresì che nelle spaccature o fessure incontransi spesso stalattiti calcaree, le quali sono accompagnate dal *rinchiusu* o dall'acido carbonico ivi racchiuso. La presenza contemporanea di questo gaz e delle stalattiti calcaree, prova che queste furono generate dalla scomposizione del bicarbonato di calce forse posteriormente alla formazione del minerale. Queste stalattiti sono tappezzate di cristalli di calcare spatico ed hanno la forma di romboedri inversi come quelli che, in varii casi, costituiscono lo straticello di calcare cristallino nella varietà di solata il cui periodo consta di tre termini. Questo fatto pare indicare che gli straterelli suddetti furono in alcuni casi originati in un modo analogo a quello con cui furono formate le stalattiti calcaree. Se questi straterelli furono, come le stalattiti, prodotti dalla scomposizione del bicarbonato di calce, lo zolfo che le accompagna dovette venire prodotto dalla scomposizione dell'acido solfidrico, a meno che le stalattiti e gli straterelli sopraccennati sieno stati prodotti posteriormente alla formazione del minerale.

Che la formazione delle stalattiti calcaree e forse anche del calcare cristallino nel minerale a struttura solata tipo Q, si debba attribuire in parte a bicarbonato di calce penetrato in soluzione nel minerale posteriormente alla sua formazione e scomposto lentamente nelle cavità o nei vuoti del minerale suddetto, è cosa probabilissima.

Una parte notevole del minerale nell'epoca solfifera e nelle epoche successive fu ossidata e trasformata in solfato di calce. In questa trasformazione l'acido carbonico del carbonato che forma la matrice dello zolfo venne messo in libertà. Esso passò in parte in soluzione nelle acque, e, combinandosi col calcare restante, formò bicarbonato di calce, il quale, penetrando nelle cavità del minerale e scomponendosi lentamente, dovette produrre stalattiti calcaree e cristalli di carbonato di calce aventi le loro punte rivolte verso il muro degli strati.

L'ipotesi della genesi dello zolfo dall'idrogeno solforato associato al bicarbonato di calce serve altresì a spiegare la formazione del calcare avente la stessa struttura della solata a tre termini col difetto dello straterello di zolfo. L'acido solfidrico sarebbe in questo caso sfuggito probabilmente allo stato di gaz come nei laghi di Tivoli, e lo straterello di calcare cristallino sarebbe stato prodotto in un modo analogo a quello delle stalattiti calcaree.

Se l'ipotesi delle sorgenti contenenti bicarbonato di calce ed acido solfidrico serve benissimo a spiegare la genesi di tutti questi minerali e di queste rocce, non si può negare tuttavia che l'ipotesi di sorgenti contenenti in soluzione monosolfuro di calcio rende ragione in modo più soddisfacente della genesi della solata e specialmente del rapporto intimo e costante tra le quantità cristalline di zolfo e di calcare, e dello sviluppo relativo dei cristalli di queste sostanze; poichè in questa ipotesi le formazioni del

carbonato di calce e dello zolfo sarebbero fatti intimamente connessi fra loro, in modo da dare contemporaneamente origine a depositi di queste sostanze chimicamente fra loro equivalenti ed aventi nella loro struttura cristallina un corrispondente sviluppo. Il periodo che si osserva nella serie degli straterelli componenti i minerali listati, pare che, sia nella prima che nella seconda ipotesi, si debba sempre attribuire alla serie delle oscillazioni annuali delle sorgenti dipendenti dalla successione dell'epoca di lunghe piogge e dell'epoca di siccità, che si verifica specialmente nella stagione estiva. Ogni periodo farebbe quindi il deposito che in un anno si sarebbe prodotto nei laghi solfurei, ed il numero dei periodi, che si possono osservare in tutto lo spessore del minerale di una solfara allorchè la sua struttura listata è ben definita, rappresenterebbe il numero di anni impiegati dalla natura per la sua formazione.

Nella Solfara Grande di Sommatino, come ho osservato, lo spessore del minerale arriva a 28^m,5. La sua struttura non è tuttavia ivi tale da potere determinare il numero dei periodi corrispondenti ai vari depositi annuali. Questi periodi si possono determinare nella solfara limitrofa di Riesi, dove la struttura venata era nell'epoca che fu visitata ben definita. In questa solfara tuttavia pare che la potenza degli strati non sia superiore a 16 metri, e che in conseguenza lo spessore degli straterelli corrispondenti ad un periodo sia ivi minore di quello che dovrebbe essere per la Solfara Grande di Sommatino, supposto, come si può considerare come certo, che tutte e due le miniere siano state prodotte contemporaneamente. Prendendo adunque come dati per calcolare la durata del periodo di formazione del minerale lo spessore di 16 metri ed uno spessore complessivo di 7 millimetri per gli straticelli costituenti un periodo, la durata del tempo impiegato nella formazione di questa miniera sarebbe di 2300 anni. La cifra di 10,000 anni, attribuita alla durata dell'epoca solfifera propriamente detta, sarebbe esagerata, se non si comprendesse in questa cifra anche il tempo necessario per la formazione dei gessi che sono intercalati od inferiori al minerale di zolfo, e che si formarono dalla sua ossidazione completa in presenza del calcare nel periodo solfifero propriamente detto.

5° La produzione di una quantità così considerevole di minerale di zolfo in Sicilia, la potenza notevole degli strati solfiferi avuto riguardo specialmente alla loro piccola estensione, la massa enorme dei gessi originati dall'ossidazione completa degli elementi solfurei, dimostrano sicuramente che la riduzione del solfato di calce associato alle sostanze organiche nel miocene inferiore ebbe luogo in una scala immensa, e che questa riduzione venne coadiuvata dall'azione del calore dipendente dall'azione vulcanica, di cui se ne veggono vaste impronte in varie località dell'isola, e che fu causa, sebbene remota, dei grandi sconvolgimenti a cui soggiacque questo terreno. Non si può negare che l'elevazione di temperatura dell'eocene superiore, (o miocene inferiore) ha potuto determinare la formazione del monosolfuro di calcio, il quale sia rimasto indecomposto e sia venuto più tardi in soluzione nelle acque di sorgenti minerali. Ho tuttavia potuto esaminare in molte località, anche in prossimità dei centri solfiferi, i gessi del miocene inferiore, la cui riduzione fu la causa prima della formazione delle miniere di zolfo, ed in nessuna di queste località esse passarono allo stato anidro. Essi conservano da per-

tutto la struttura ed il carattere che assunsero allorchè vennero depositi dalle acque marine, che li tenevano in soluzione. Non ho potuto esaminare i gessi sottostanti al terreno solfifero. Se essi si incontrassero allo stato anidro, si dovrebbe ammettere che le sorgenti minerali che alimentavano i laghi solfurei contenevano in soluzione monosolfuro di calcio. Se i gessi suddetti fossero tuttavia passati allo stato di anidrite inferiormente ai centri solfiferi, essi si dovrebbero incontrare allo stato anidro almeno in alcune località in vicinanza di questi centri. L'averli quindi trovati sempre inalterati, dimostra che probabilissimamente la temperatura del miocene inferiore non fu elevata al punto da trasformare in anidrite la massa dei gessi racchiusa in questo terreno e che si può ammettere con tutta probabilità che la loro riduzione abbia avuto luogo in presenza dell'acqua, e che il monosolfuro di calcio si sia scomposto allo stato nascente con produzione di bicarbonato di calce e di acido solfidrico.

Le acque dei laghi di Tivoli dimostrano chiaramente che la riduzione dei gessi può verificarsi in larga scala ad una temperatura di 24°.

Sono rinomate in Sicilia le acque solfuree di Santa Venera, località distante tre chilometri circa da Aci-Reale, dove ora furono condotte per dare vita ad un bellissimo stabilimento di bagni eretto dal barone PENNISI. Le acque solfuree sgorgano superiormente ad un banco di argilla racchiuso fra le rocce vulcaniche dell'Etna, e ciò non ostante la loro temperatura non è che di 22°5 centigradi (V. Analisi di G. DE' GAETANI). Queste acque contengono bicarbonato di calce ed acido solfidrico, solfato di calce, solfato di magnesia, cloruro di sodio e materia organica.¹ Esse sono quindi analoghe alle acque dei laghi di Tivoli, e la presenza dell'acido solfidrico e del bicarbonato di calce vi è dovuta alla riduzione del solfato di calce per mezzo delle sostanze organiche, e dimostra che, se anche sull'Etna nella formazione di una sorgente solfurea non si osserva un'elevazione di temperatura, non è necessario ammettere che durante l'epoca solfifera questa elevazione, tutto che certa, sia stata tale da trasformare i gessi in anidrite. Nella storia delle eruzioni vulcaniche della Sicilia debbonsi distinguere due periodi. Il periodo più recente cominciò alla fine dell'epoca pliocenica od al principio dell'epoca attuale: il periodo più antico cominciò allorchè ebbe fine l'epoca miocenica, ed a questo periodo debbonsi riferire i basalti della base dell'Etna, i quali si mostrano in forma maestosa appunto in queste regioni e specialmente in prossimità di Aci-Castello. L'argilla superiore a questi basalti è un deposito marino dell'epoca pliocenica. Nel sollevamento del suolo si formò in questa regione una specie di lago, in cui si evaporavano le acque del mare. Il deposito chimico di solfato di calce, di cloruro di sodio ec., restò probabilissimamente associato alle alghe trascinate nel lago dalle acque che vi penetravano per supplire all'evaporazione, come succede attualmente nelle saline. Dalla scomposizione di queste sostanze organiche, dalla loro azione sul solfato di calce, derivano le esalazioni di idrogeno carbonato e la natura solfurea della sorgente.

¹ Aveva scritto questa Appendice allorchè ricevetti il pregevolissimo lavoro del prof. SILVESTRI, *Sulla composizione chimica dell'acqua minerale di Santa Venera*. Egli vi ha constatato la presenza del solfuro di sodio, l'assenza del solfato di calce, ciò che prova che alla temperatura di 19° la riduzione dei solfati di calce, di sodio ec., è completa. Constatò di più la presenza d'un idrocarburo gassoso sciolto nelle acque.

Si può quindi ammettere che la riduzione dei gessi del miocene inferiore potè verificarsi in larga scala anche senza un' elevazione di temperatura tale da trasformare in anidrite il solfato di calce, e che questa riduzione potè avere luogo in presenza dell' acqua con formazione di acido solfidrico e di carbonato di calce.

La riduzione del solfato di calce per mezzo delle sostanze organiche succede facilmente se queste sostanze sono in scomposizione. Lo sviluppo del gaz delle paludi dai laghi di Tivoli, dalle acque di Santa Venera e da altre innumerevoli sorgenti solfuree dimostra che in queste acque si trovano in scomposizione sostanze organiche. Questa scomposizione doveva nell' epoca solfifera verificarsi in grandi proporzioni, e doveva in conseguenza avere luogo anche in grande proporzione la riduzione dei gessi associati ai depositi delle fucoidi. Nella scomposizione delle sostanze organiche si ha sempre uno sviluppo di calore: questo calore è quindi causa almeno parziale dell' elevazione di temperatura che si osserva in molte sorgenti solfuree. Nella riduzione del solfato di calce si ha, è vero, un assorbimento di calorico, ma questo assorbimento è compensato dal calore prodotto dall' ossidazione delle sostanze organiche sopracennate.

Nella Memoria si legge che « eccettuata la regione orientale dell' isola verso Raddusa e Centorbi ed i basalti di Cattolica (località solfifere), non furono ancora incontrate rocce vulcaniche in posizione primitiva nella zona principale del miocene superiore. » Invece delle parole *verso Raddusa e Centorbi* si dovrebbe leggere *al di là di Centorbi*. Nei dintorni di Raddusa non si incontrano rocce vulcaniche in posizione normale, ma solo pezzi e massi erranti come in varie altre località della zona solfifera.

6° La formazione dei banchi di tripoli inferiormente al minerale di zolfo, qualora debba venire considerata come una conseguenza dell' azione dell' acido carbonico prodotto dalla riduzione dei solfati per mezzo delle sostanze organiche sulle argille, e della successiva liberazione della silice che fu segregata dagli infusorii, serve a dimostrare chiaramente che la riduzione dei solfati ebbe luogo molto tempo prima dell' apparizione delle sorgenti solfuree, che il monosolfuro di calcio non venne scomposto allo stato nascente e che passò quindi più tardi in soluzione nelle acque che lo portarono nei laghi solfiferi.

Un' obbiezione molto seria sorge ora contro questa ipotesi. Se le emanazioni di acido carbonico originato dalla riduzione dei solfati penetravano nelle acque dei laghi, queste acque avrebbero dovuto alla loro volta penetrare a traverso le fessure ed i meati percorsi dall' acido carbonico fino all' incontro dei solfati in istato di riduzione. In questo caso la riduzione avrebbe avuto luogo in presenza dell' acqua, il monosolfuro di calcio si sarebbe scomposto allo stato nascente con produzione di carbonato di calce e di acido solfidrico, la riduzione suddetta si dovrebbe considerare come un fatto contemporaneo dell' apparizione delle sorgenti solfuree nei laghi del miocene superiore, ed i banchi di tripoli dovrebbero essere contemporanei della formazione dello zolfo.

Se si ammette quindi che le sorgenti contenevano in soluzione bicarbonato di calce ed acido solfidrico, devesi ammettere altresì che la causa principale determinante la formazione dei banchi di tripoli non è la citata azione dell' acido carbonico sulle argille e marne del miocene inferiore.

Affinchè gl' infusorii potessero moltiplicarsi in modo così favoloso da dare origine ad un deposito avente in alcune località 40 e più metri di potenza, una quantità enorme di silice dovette indispensabilmente passare in soluzione nelle acque dei laghi dell' epoca miocenica. Queste acque dovettero inoltre essere abbondantemente impregnate di sostanze organiche in scomposizione: sia gli elementi organici che la silice furono somministrati in abbondanza dal miocene inferiore (eocene superiore). Venne poco fa osservato che la scomposizione delle sostanze organiche prodotte dal deposito delle fucoidi doveva verificarsi in una scala gigantesca durante l' epoca solfifera, affinchè la riduzione dei solfati potesse procedere in proporzioni corrispondenti agli effetti ed alle impronte che ci lasciò in questo terreno. Tutte le rocce di quest' epoca sono impregnate di queste sostanze. Le acque che da esse scaturiscono sono ancora attualmente ricche di elementi organici. Le acque dei laghi dovevano essere quindi ricchissime di sostanze organiche in scomposizione e, dato che non vi fosse difetto di silice per la formazione degli scheletri degl' infusorii, questi dovevano realmente moltiplicarsi in proporzioni favolose. Le sostanze organiche stesse derivanti dalle fucoidi dovevano somministrare una certa quantità di silice al lavoro degl' infusorii. Da un' analisi fatta da KNAUSS sulle ceneri delle fucoidi del Mar Bianco (*Bollettino dell' Accademia di Pietroburgo*, tomo 2°, 1860) appare che esse contengono il 42,635 per % di silice. L' acido silicico ha molta tendenza a combinarsi colle sostanze organiche, e la presenza di queste sostanze in quantità straordinaria nei laghi può avere favorito notevolmente la presenza della silice necessaria per la formazione delle spoglie degli infusorii. La maggior parte della silice pare tuttavia che sia stata fornita dalla riidda sparsa nel miocene inferiore. La composizione della riidda è la seguente:

Acqua ed Acido carbonico	0,169
Silice	0,634
Allumina ed Ossido di ferro	0,132
Calce	0,023
Cloruro di sodio e tracce di altri sali solubili nell' acqua	0,025
Magnesia	0,015
	0,998

La composizione del tripoli è:

Silice	0,686
Allumina ed Ossido di ferro	0,036
Calce e Magnesia	0,121
Sostanze organiche, Acqua ed Acido carbonico	0,152
	0,995

L' analogia che si osserva tra questi risultati è degna di osservazione, ed indica la possibilità che la riidda abbia fornito il materiale per la genesi del tripoli. Allorchè essa è stemperata nell' acqua, prende una struttura fioccosa simile ai precipitati chimici di recente formati e resta per un tempo lunghissimo in sospensione.

La riidda pura non si trova in tutte le località della zona solfifera. Essa si trova tuttavia in grande abbondanza nella massima parte dei punti di questa zona associata

alle marne ed argille del miocene inferiore. La divisione pressochè chimica di questo materiale fu causa che essa venisse facilmente trasportata dalle acque nei laghi dell'epoca solfifera, nei quali potè poscia passare in soluzione o restare lungo tempo in sospensione, in modo da potere essere segregata dagli infusorii per la fabbricazione delle loro spoglie. Pare quindi che la silice, che fornì il materiale per la formazione dei banchi di tripoli, in gran parte provenga dalla riidda, in parte dalle sostanze organiche che si trovavano in abbondanza nei laghi sulfurei, in parte infine dalla scomposizione dei silicati per mezzo dell'acido carbonico e degli altri acidi originati essi stessi dalla scomposizione delle sostanze organiche. Pare che questa scomposizione sia facilitata dal miscuglio di acque dolci e di acque salate, il quale doveva succedere necessariamente nei laghi miocenici.

Tutte le acque che in Sicilia percorrono la zona delle argille salifere, sono tutte più o meno salate: sono altresì salati i piccoli laghetti, i quali si trovano in questa zona. Molto più salati dovevano essere i laghi sulfurei alimentati da acque, le quali dovevano necessariamente percorrere o trovarsi in contatto colle marne salifere del miocene inferiore o del miocene medio, le quali ultime altresì racchiudono nella zona solfifera una certa quantità di cloruro di sodio proveniente dal miocene inferiore. Ancorchè le acque contenessero in soluzione una piccola quantità di cloruro di sodio, il loro arrivo periodico in tutti gli anni nei laghi, e la concentrazione costante di queste soluzioni saline prodotte dalla loro evaporazione dovevano aumentare in modo notevolissimo la loro salsedine. In prossimità poi delle miniere di salgemma, come a Villarosa, a Serradifalco, a Montedoro, Bonpensieri, Sutera, Casteltermini e specialmente a Racalmuto i laghi sulfurei dovevano essere salatissimi.

Dopo un periodo di grandi piogge dovevano scaricarsi nei laghi molte acque, le quali, se non erano dolci, potevano tuttavia essere considerate come tali, allorchè il cloruro di sodio che si trovava sul cammino da esse percorso, era stato quasi tutto esportato. Il miscuglio sopraccennato delle acque dolci e delle acque salate, doveva quindi succedere necessariamente, e doveva in conseguenza essere facilitata la scomposizione delle sostanze organiche. Ammessa l'ipotesi esposta nella Memoria sulla genesi del tripoli e del calcare siliceo, questo sarebbe il rappresentante del carbonato di calce originato dalla scomposizione dei silicati per mezzo dell'acido carbonico, e dovrebbe occupare il posto che occupa effettivamente nella serie successiva delle varie rocce.

Il carbonato di calce infatti non poteva precipitarsi nelle acque dei laghi mentre grande era la quantità di acido carbonico che vi arrivava, a meno che cominciassero ad essere sature. La precipitazione del carbonato doveva quindi essere preceduta da un deposito di tripoli.

Se invece si ammette che la riduzione dei solfati e l'apparizione degli elementi sulfurei nei laghi dell'epoca miocenica sono fatti contemporanei, l'origine del calcare siliceo deve essere in parte attribuita all'azione delle acque piovane che, raccogliendosi nei laghi suddetti, vi portarono il carbonato di calce sciolto nel loro cammino mercè l'acido carbonico da esse assorbito nell'atmosfera, ed attribuito per l'altra parte al

bicarbonato di calce contenuto in soluzione unitamente all'acido solfidrico nelle acque delle sorgenti minerali. L'acido solfidrico sarebbe stato od ossidato completamente con formazione di solfato di calce, oppure disperso nell'atmosfera in un modo analogo a quello, che succede nei laghi di Tivoli. La sua dispersione potrebbe inoltre essere stata facilitata dall'azione del calore o dalla temperatura più elevata delle sorgenti.

Il calcare siliceo considerato sotto questo rapporto, non sarebbe più in gran parte che un calcare corrispondente al calcare solfifero, povero o privo di zolfo, prodotto nelle circostanze accennate nella Memoria. Lo zolfo, che non di rado si incontra in questo calcare, pare confermare l'ipotesi ora esposta sulla sua origine. Il calcare privo di zolfo, che giace in banchi potenti sopra il minerale delle solfate Messana, sopra una parte delle solfate di Grottacalda, di Floristella ed in altre solfate, ed i banchi di calcare siliceo inferiormente allo zolfo, sarebbero quindi stati originati in modo analogo, e dovrebbero venire considerati come una sola formazione unitamente al calcare solfifero. Siccome però il calcare privo di zolfo trovasi nella massima parte dei casi inferiore al minerale, credo conveniente nella serie dei terreni indicata nella Memoria e ripetuta al principio di questa Appendice, di conservare anche in questa ipotesi (sorgenti di bicarbonato di calce ed acido solfidrico) al calcare siliceo il posto che gli ho attribuito e che esso vi conserva quasi costantemente.

7° Di minore importanza è l'ultima delle considerazioni sovraesposte in favore delle sorgenti contenenti in soluzione monosolfuro di calcio. L'essere la zona del miocene inferiore formata di marne impermeabili alle acque, è sicuramente un fatto il quale serve a dimostrare la possibilità che la riduzione dei solfati sia stata operata senza la presenza delle acque, e la probabilità che le sorgenti sulfuree abbiano assunto un carattere analogo a quello delle maccalube.

Che molte sorgenti sulfuree abbiano assunto nell'epoca solfifera il carattere di maccalube, e che queste abbiano avuto un'influenza notevole su tutta la formazione solfifera, sia come centri eruttivi, sia come centri di sollevamento, è un fatto che pare oramai incontestabile. Ora nelle maccalube, quando assumono il carattere delle sorgenti dell'epoca solfifera, l'apparizione degli elementi sulfurei si verifica nello stesso tempo in cui succede la riduzione dei solfati (poichè vi si nota un aumento di temperatura nelle loro emanazioni) ed il monosolfuro di calcio si scompone allo stato nascente con produzione di acido solfidrico e di bicarbonato di calce. È quindi più naturale e più probabile in conseguenza l'ipotesi che le sorgenti dell'epoca solfifera analoghe alle maccalube, contenessero altresì in soluzione bicarbonato di calce ed acido solfidrico.

Nella Memoria si legge: « Non è ammissibile che la riduzione dei solfati sia stata operata in Sicilia in tutto ed in tutte le località assolutamente all'infuori dell'acqua. » Che anzi è probabile che varii calcari di quest'epoca poveri o privi di zolfo, provengano appunto dal bicarbonato di calce nel modo che ci mostrano i laghi di Tivoli..... » La presenza dell'acqua d'altronde ai solfati può essere stata agevolata dal maggiore sviluppo o delle arenarie ferruginose o del calcare concrezionato e cavernoso. »

Queste rocce si trovano precisamente intercalate od in contatto col deposito di solfato di calce del miocene inferiore, dalla cui riduzione furono originati i giacimenti

solfiferi della Sicilia. Le arenarie, e specialmente il calcare concrezionato, sono permeabili alle acque, ed abbenchè il loro deposito sia spesso interrotto, esse compariscono in vari punti in tutta la zona solfifera. Le acque piovane potevano in conseguenza penetrare in questa formazione fino ai gessi in processo di riduzione, sciogliere ivi il bicarbonato di calce e l'acido solfidrico prodotto dalla riduzione di questi gessi, e sortire infine alla luce inferiormente o dalle arenarie ferruginose e gessose, oppure con maggiore facilità dalle molte fessure e divisioni dei banchi di calcare a Nummuliti e di alberese sottostanti. Il deposito di solfato di calce del miocene presenta il suo massimo sviluppo immediatamente sopra l'alberese ed in suo contatto, ed in alcuni casi l'alberese ed il deposito gessoso prodotto dall'evaporazione delle acque marine sono, nel passaggio da una formazione all'altra, più volte tra loro intercalati. Le acque che alimentavano le sorgenti solfuree dovevano quindi in molti casi scaturire dal calcare suddetto.

Sono molto rinomate in Sicilia le sorgenti solfuree termali dei Bagni Saraceni presso Villafrati, del Monte San Calogero presso Sciacca, di Termini e di Sclafani.

La sorgente solfurea dei Bagni Saraceni sotto Villafrati, scaturisce appunto dal calcare alberese. All'alberese, in linea ascendente, succede la formazione gessosa del miocene inferiore associata con marne e sostanze organiche. L'acqua della sorgente è impregnata di queste sostanze, e contiene in soluzione come elementi principali solfato di calce, bicarbonato di calce ed acido solfidrico. Queste ultime sostanze derivano quindi senza dubbio dalla riduzione dei gessi esistenti nel miocene inferiore. Le acque piovane filtrano a traverso queste formazioni, sciogliono il bicarbonato di calce e l'acido solfidrico, e, penetrando a traverso le fessure e gli interstizii esistenti fra i diversi strati di alberese, i quali sono ivi molto inclinati, vengono a scaturire presso il fondo della valle tra Villafrati ed Ogliastro.

Le rinomatissime sorgenti termali del Monte San Calogero, presso Sciacca, scaturiscono pure dall'alberese ed hanno una origine identica a quella dei Bagni Saraceni. La loro temperatura è di 56° centigradi.

Tutte queste sorgenti sono quindi tanti monumenti, che ci rappresentano ancora i fenomeni che diedero origine alla formazione del terreno solfifero, il terreno che fu la sede di questi fenomeni e gli elementi che servirono a produrli. Una parte delle sorgenti minerali dell'epoca solfifera scaturirono dal calcare alberese, altre assunsero il carattere delle maccalube, e tutte provennero dalle acque piovane che filtrarono a traverso il miocene inferiore.

L'ipotesi che le sorgenti solfuree dell'epoca miocenica contenessero in soluzione in molti casi bicarbonato di calce ed acido solfidrico, è più consentanea alla pluralità dei fatti che succedono nella natura e particolarmente in Sicilia nello stesso terreno ed in condizioni analoghe a quelle che determinarono i fenomeni dell'epoca solfifera. A questa ipotesi si deve quindi attribuire probabilmente nella formazione delle miniere di zolfo un'importanza maggiore che a quella di sorgenti contenenti in soluzione monosolfuro di calcio.

Le considerazioni precedenti non escludono che in alcuni casi la formazione delle

miniére di zolfo si debba attribuire alla scomposizione del monosolfuro di calcio nei laghi miocenici in presenza dell'ossigeno e dell'acido carbonico dell'atmosfera nel modo esposto nella Memoria. Che anzi è cosa probabilissima, che in Sicilia in quell'epoca esistessero sorgenti di monosolfuro di calcio, non potendosi rinvocare in dubbio l'elevazione di temperatura del terreno eocenico in quest'epoca, onde avesse luogo in larga scala la riduzione dei solfati. Del resto, se l'acido carbonico libero scompone in presenza dell'acqua il monosolfuro di calcio, pare che il monosolfuro suddetto non sia scomposto dall'acido carbonico combinato colla calce allo stato di bicarbonato.

Non mancano in natura esempi di sorgenti contenenti in soluzione solfuro di calcio e bicarbonato di calce. Oltre quelle già citate nella Memoria, meritano una speciale menzione quelle di Stolypin, le cui analisi sono state pubblicate da SCHMIDT (*Bollettino dell'Accademia di Pietroburgo*, vol. 9, 1866).

MATERIE DEPOSITATE DALL'ACQUA SALSA.	Stolypin.	Staraja Russa.	Orensburg.	Hapsal.
Sali solubili	8,55	27,02	9,89	3,06
FeS	6,15	} 25,88	25,75	19,61
FeS ²	4,98			
CaS	11,93	—	0,24	0,45
CaO, CO ²	6,65	28,34	12,09	14,15
MgO, CO ²	5,59	—	2,12	0,25
3CaO, PhO ²	0,02	—	0,02	0,02
Silicati e sabbia quarzosa	417,43	364,27	531,34	627,25
Sostanze organiche (detriti di alghe).	55,23	38,56	22,16	18,19
Solfuro di ammonio	—	—	0,18	—
Acqua	483,46	515,93	396,20	317,19
	<u>999,99</u>	<u>1000,00</u>	<u>999,99</u>	<u>1000,17</u>

Importantissimo è il risultato dell'analisi di Stolypin, e specialmente la presenza di 11,93 di monosolfuro di calcio, con 55,23 di sostanze organiche (detriti di alghe). Questa analisi sola prova la possibilità e la probabilità che fra le sorgenti dell'epoca solfifera si trovassero sorgenti di monosolfuro di calcio, e ciò tanto più in quanto che queste regioni della Russia si avvicinano per i loro fenomeni alle condizioni in cui versava la Sicilia durante l'epoca solfifera.

A qualunque di queste due ipotesi del resto si voglia dare la preferenza, certa cosa è che esse si riducono ad una ipotesi unica.

Che i depositi di zolfo della Sicilia derivano dalla scomposizione del monosolfuro di calcio, generato dalla riduzione dei gessi marini del miocene inferiore, in presenza delle sostanze organiche prodotte dalle alghe e specialmente dalle fucoidi.

GENESI DELLE PIRITI. — L'ossido di ferro sparso nell'argille del miocene inferiore, o sotto forma di arnioni oppure in grani anche minutissimi, è associato al solfato di calce deposto come il ferro stesso dall'evaporazione delle acque del mare. Spesso questo deposito è accompagnato dalle sostanze organiche originate dalla scomposizione delle fucoidi. Il ferro, essendo associato a sostanze organiche ed a solfato di calce, venne

trasformato in pirite. La ragione di questa trasformazione dell'ossido di ferro in solfuro è evidente. La riduzione del solfato di calce per mezzo delle sostanze organiche dà luogo a monosolfuro di calcio, il quale si scompone al suo stato nascente con formazione di acido solfidrico e di carbonato di calce se la riduzione ha luogo in presenza dell'acqua. L'acido solfidrico passa in soluzione e trasforma in solfuro l'ossido di ferro col quale viene in contatto. Se la riduzione non ha luogo in presenza dell'acqua, il monosolfuro può passare più tardi in soluzione e, venendo in contatto col ferro, si scompone cedendogli il suo zolfo e trasformandolo in pirite.

È probabile che i depositi di marcassite che si trovano nel terreno triassico, abbiano la stessa origine, essendovi una grande analogia tra la formazione del Trias e quella del miocene inferiore (eocene superiore).

Nella Memoria si legge: « I depositi di solfuro di ferro possono provenire dalla » solfurazione di depositi marini di ossido o di cloruro di ferro associati a solfato » di calce ed a materie organiche. » Questa frase deve essere in parte dilucidata, in parte corretta. Il carbonato di ferro non è direttamente un deposito di natura marina: se si incontra in un deposito marino, come in Sicilia, è il prodotto della trasformazione del perossido di ferro in carbonato per mezzo delle sostanze organiche. Nella citata espressione avrebbero poi dovute essere tralasciate le parole *cloruro di ferro*, non potendo questo provenire dall'evaporazione delle acque del mare.

Nelle arenarie ferruginose che si incontrano alla base del miocene inferiore il ferro è spesso allo stato di marcassite. Un bellissimo esempio di queste arenarie ferruginose contenenti pirite di ferro, si ha in un cocuzzolo che sporge fra le marne a breve distanza della sponda sinistra del fiume Imera, oltrepassata la solfara di Fiume di Riesi e discendendo lungo il fiume suddetto. Presso questo cocuzzolo l'ingegnere MORIS trovò nelle marne grani di calcopirite e di carbonato di rame.

In contatto colle arenarie e con esse legato trovasi quivi il calcare concrezionato del miocene inferiore. Essendo quindi queste rocce comprese nelle argille associate a solfato di calce in quantità considerevolissima ed a sostanze organiche, le acque, che filtrano a traverso le arenarie ed il calcare, rocce tutte permeabili, debbono contenere in soluzione acido solfidrico ed il ferro deve in conseguenza passare allo stato di pirite.

Il calcare concrezionato e specialmente le arene ed arenarie ferruginose, sono due rocce importantissime nel miocene inferiore e sono sempre in contatto colle argille ferruginose e gessose associate a sostanze organiche. I depositi di scisti bituminosi che si incontrano in Sicilia in questa formazione sono generalmente in contatto col calcare concrezionato sopraccennato. Le sorgenti dell'epoca solfifera dovevano quindi percorrere in moltissimi casi queste rocce.

Ammessa questa ipotesi ne deriva:

1° Che l'ossido di ferro, il quale si trovava lungo il cammino percorso dalle acque solfuree, dovette passare allo stato di marcassite, e che a questo fenomeno è appunto dovuta la presenza della marcassite in questa formazione;

2° Che la riduzione del solfato di calce, da cui provennero i depositi solfiferi,

dovette avere luogo in molti casi in presenza delle acque, essendo le rocce intercalate con questo deposito gessoso alle acque permeabili.

Degna di considerazione è l'analogia indicata nella Memoria tra il Trias od il terreno delle nuove arenarie rosse ed il miocene inferiore (eocene superiore).

Queste formazioni sono essenzialmente caratterizzate dall'associazione in vasta scala di depositi prodotti per via meccanica con depositi prodotti dall'evaporazione successiva delle acque del mare, e possono, quando la serie di questi depositi è quasi completa, essere considerate come saline naturali in una scala immensa.

Non solo in Sicilia e nell'Italia peninsulare si trovano i depositi prodotti dall'evaporazione delle acque marine associati ad argille ed a marne nel terreno eocenico, ma altresì nell'Algeria, nella Persia, nei dintorni del Mar Caspio, in Polonia, nella Moldavia, nella Valachia, ec. ec. La formazione contemporanea in tutte queste regioni di vaste saline naturali in larga scala, è un fatto dovuto alle grandi dislocazioni nella crosta della terra ed alle grandi modificazioni nel movimento di oscillazione del suolo, che separarono profondamente la formazione terziaria dalla formazione secondaria. Il miocene inferiore (eocene superiore) occupa nel terreno terziario il posto analogo a quello che nel terreno secondario è occupato dal Trias, ed è per una ragione analoga che questa formazione è in molti punti ricca degli elementi prodotti dall'evaporazione delle acque del mare. Si può quindi stabilire, che l'apparizione di una nuova grande epoca geologica è non solo caratterizzata dall'apparizione di una nuova fauna, ma altresì dalla formazione di numerosi ed immensi depositi dei sali marini. Questa formazione deve modificare profondamente la proporzione degli elementi contenuti in soluzione nelle acque del mare, rendendole proporzionatamente meno ricche degli elementi meno solubili. L'apparizione di una nuova grande epoca geologica ha quindi per effetto di modificare nella prima parte del periodo successivo la natura delle acque dell'Oceano.

Ho nella Memoria osservato che i depositi di marcassite esistenti nel Trias hanno un'origine analoga a quella delle marcassiti esistenti nel miocene inferiore della Sicilia. Il terreno triassico è più ricco in depositi di ossido di ferro e di marcassiti di quello che lo sia il terreno terziario: esso è tuttavia meno ricco del terreno di transizione e specialmente del siluriano. Questo è il terreno per eccellenza dei depositi di galena, di calcopirite, di marcassite ed in genere dei depositi metallici. Questa scala, questa proporzione decrescente nei depositi di questi metalli dal terreno di transizione al terreno terziario, pare confermare quanto venne detto poc' anzi sulla variazione di composizione delle acque dell'Oceano nel periodo successivo a quello dell'apparizione di una grande epoca geologica.

CONCLUSIONI.

Affinchè sia facile il determinare l'importanza e la natura delle correzioni e delle aggiunte recate alla Memoria con questa Appendice, si ripeteranno quivi letteralmente le conchiusioni esposte sulla fine della Memoria suddetta, come il riassunto generale della storia o della genesi della formazione terziaria della Sicilia, introducendovi solo quelle modificazioni che sono il risultato delle sovraesposte considerazioni.

1° Le arenarie, le argille e marne ferruginose, gessose, bituminose e salifere comprese tra l'alberese ed i conglomerati del miocene debbono considerarsi come una sola formazione prodotta in parte per via meccanica, in parte per via chimica dall'evaporazione successiva delle acque marine. Questa formazione considerata nella Memoria come il miocene inferiore, con maggiore probabilità si deve considerare come eocene superiore. Essa è dovuta alle grandi dislocazioni terrestri ed alle grandi modificazioni nel movimento di oscillazione del suolo che separarono profondamente la formazione terziaria dalla formazione secondaria, come le cause che separarono il terreno di transizione dal terreno secondario diedero origine alla formazione di colossali depositi analoghi nel Trias.

I giacimenti di salgemma della Sicilia e probabilissimamente quelli di Lungro in Calabria, di Volterra in Toscana, di Salsomaggiore nel Parmigiano o costituiscono la parte più elevata di questo terreno, ovvero provengono dalla soluzione per mezzo delle acque piovane del cloruro di sodio esistente nella formazione suddetta, e dalla successiva evaporazione di queste acque in laghi nei quali esse venivano a riunirsi.

2° I depositi di zolfo debbono la loro prima origine alla riduzione del solfato di calce per mezzo delle sostanze organiche. Se la riduzione ha luogo in presenza dell'acqua si forma acido solfidrico, acido carbonico e carbonato di calce, i quali elementi, se l'acqua è in quantità sufficiente, passano totalmente in soluzione formando sorgenti solfuree. Queste acque in presenza dell'atmosfera, se l'acido solfidrico non si disperde allo stato di gaz, producono un deposito in cui lo zolfo ed il calcare stanno fra loro come i loro chimici equivalenti, e quindi nel rapporto di 24 a 76. Se l'acido solfidrico si disperde nell'atmosfera, il calcare resta povero o privo di zolfo. Se la riduzione dei solfati ha luogo senza la presenza dell'acqua, i solfuri restano indecomposti e si sviluppa una gran quantità di acido carbonico il quale, scomponendo in presenza dell'acqua

i silicati coi quali trovansi in contatto, rende libera una certa quantità di silice che può essere segregata da infusorii e formare così un deposito di tripoli. Il monosolfuro di calcio venendo più tardi in soluzione nelle acque dei laghi, genera in presenza dell'ossigeno e dell'acido carbonico atmosferico un minerale di zolfo il quale, se non è unito a materie estranee, deve altresì presentare in media una ricchezza del 24 per %.

Il minerale di zolfo pare che si debba attribuire in parte alle sorgenti contenenti in soluzione bicarbonato di calce ed acido solfidrico, in parte alle sorgenti di monosolfuro di calcio. Alcune di queste sorgenti assunsero il carattere di maccalube, e presentarono gli stessi fenomeni che queste presentano allorché le loro emanazioni sono accompagnate dall'acido solfidrico: altre sorgenti invece furono in tutto analoghe a quelle dei Bagni Saraceni presso Villafrati e di San Calogero presso Sciacca.

Il minerale, allorché si trovò in presenza degli agenti atmosferici, passò allo stato di briscale o di solfato di calce. Dalla potenza, dalla struttura, dalla purezza del briscale si può quindi argomentare alla potenza, alla natura ed alla ricchezza del minerale. I gessi dell'epoca solfifera provengono in parte dal solfato di calce contenuto in soluzione nelle acque delle sorgenti solfuree, in parte dall'ossidazione dello zolfo in presenza del calcare e degli agenti atmosferici, come il briscale. Una parte notevolissima del minerale di zolfo ritornò quindi nell'epoca solfifera e nelle epoche posteriori al suo stato primitivo di solfato di calce. La quantità di zolfo salvata da questa ossidazione rappresenta probabilmente nemmeno un $\frac{1}{5}$ della quantità che allo stato di monosolfuro o di acido solfidrico fu portata dalle sorgenti in soluzione nei laghi miocenici.

La quantità di zolfo esistente attualmente in Sicilia si può calcolare in 260 milioni di quintali metrici, tenuto calcolo delle solfate che si potranno probabilmente ancora scoprire.

La formazione inferiormente allo zolfo di banchi potenti di tripoli è dovuta alla presenza nei laghi miocenici di una grande quantità di materie organiche in scomposizione, alla presenza di una grande quantità di silice in uno stato di divisione quasi chimico, proveniente in parte dalle sostanze organiche suddette, in parte dall'azione dell'acido carbonico prodotto dalla scomposizione di queste sostanze sui silicati in presenza dell'acqua, ed infine dalla riidra che si trova in abbondanza nei terreni del miocene inferiore e che ha fornito agli infusorii la massa principale del materiale per la formazione delle loro spoglie.

3° I depositi solfiferi della Sicilia, e probabilissimamente quelli delle Romagne, provengono dalla riduzione dei gessi marini esistenti nel miocene inferiore. Sia nella prima che nella seconda regione, come altresì in altri punti della catena degli Apennini, si debbono quindi distinguere nel terreno terziario due formazioni gessose. La più antica appartiene al miocene inferiore (eocene superiore) ed è originata dall'evaporazione delle acque marine. Questa è associata a molte sostanze organiche, a bitumi, a petrolii, a marne ed argille che ne mascherano quasi completamente l'esistenza. La formazione più recente è lacustre, appartiene al miocene superiore, ed è stata prodotta a spese della formazione precedente.

4° I depositi di scisti bituminosi e di petrolio esistenti nel miocene inferiore, corri-

spondono all'infuori della zona solfifera alle sostanze organiche le quali vennero in questa zona consumate dalla natura per la produzione della principale ricchezza mineraria di Italia. Il petrolio, la nafta ed in genere gl'idrocarburi che si trovano in abbondanza nel miocene inferiore (eocene superiore), e specialmente nelle marne gessose-salifere, derivano dalla scomposizione ad una pressione notevole delle alghe e principalmente delle fucoidi, sotto l'influenza dei sali e specialmente dei cloruri che sono forniti dalle acque marine. L'emanazioni dei carburi d'idrogeno e di idrogeno dalle maccalube, non sono che il prodotto della scomposizione della nafta, del petrolio ed in genere delle sostanze organiche sparse nelle marne ed argille del miocene inferiore (eocene superiore), scomposizione che succede ancora attualmente. Allorquando la temperatura del terreno in cui ha sede una maccaluba per l'azione del calore interno della terra viene ad aumentare, le sostanze organiche riducono il solfato di calce con cui sono associate e l'emanazioni d'idrogeno carbonato sono accompagnate da acido solfidrico.

5° La marcassite e la calcopirite che si incontrano in Sicilia nel miocene inferiore, erano originariamente un deposito di ferro e di rame originato dall'evaporazione delle acque marine in cui erano in soluzione. Questo deposito restò associato al solfato di calce, e non di rado a sostanze organiche, le quali, riducendo il solfato suddetto, produssero od acido solfidrico o solfuro di calcio, dalle cui soluzioni e reazioni sul ferro e sul rame provennero le piriti e le calcopiriti.

6° I movimenti, ai quali furono nell'epoca terziaria soggetti i terreni in Sicilia, specialmente nella zona solfifera, non furono movimenti bruschi ma movimenti di oscillazione del suolo. A partire dalla formazione nummulitica, il suolo venne innalzandosi lentamente, isolando così alcuni tratti o porzioni dell'Oceano. Dopo la deposizione successiva in questi tratti dei vari precipitati chimici originati dall'evaporazione delle acque marine, si produssero rotture e quindi correnti, alle quali si deve attribuire la formazione dei conglomerati e delle arenarie del miocene medio. L'innalzamento del suolo continuava tuttavia se non in tutta almeno nella massima parte della zona occupata dal miocene inferiore (eocene superiore).

L'irregolarità dei movimenti, le piegature diedero origine alla formazione di laghi, nei quali si deposero poscia le rocce dell'epoca solfifera. Il suolo arrivò alla sua massima altezza durante il periodo della formazione del calcare siliceo e del minerale di zolfo. A partire da questo punto il suo movimento da ascendente diventò discendente, e sulla fine del periodo della formazione gessosa il suolo fu di nuovo lentamente invaso dalle acque marine, nelle quali si formò il deposito dei trubi o del calcare marnoso a foraminiferi. Le cause vulcaniche cominciarono allora a manifestarsi in moltissime località coi fenomeni eruttivi in massima parte sottomarini, ai quali sono dovuti i basalti di Cattolica, della provincia di Siracusa, ed i basalti antichi che formano la base dell'Etna, contemporanei tutti delle marne plioceniche ed anche in parte dei tufi calcarei. Lo sfogo delle cause vulcaniche in così grande scala ha modificato il movimento di oscillazione del suolo, rendendola soprattutto meno irregolare.

Il sollevamento successivo del terreno pliocenico in Sicilia, sollevamento il quale continua ancora oggidì come si è potuto verificare sulle coste dell'Isola, è regolaris-

simo, e grande è in conseguenza la differenza di configurazione della formazione miocenica e della formazione pliocenica.

La configurazione rotta, contorta e molto irregolare del terreno solfifero deve essere attribuita:

- 1° Alla sua natura lacustre;
- 2° All'aver essa segnato la massima altezza a cui sia stato sollevato il suolo nel periodo della sua formazione, ed all'aver partecipato a' suoi movimenti ascendenti e discendenti;
- 3° All'influenza delle cause vulcaniche nel periodo della sua formazione.

INDICE.

PREFAZIONE Pag. 3 CAPITOLO I. — Sezione teorica dei terreni terziari nella zona solifera della Sicilia . . Pag. 5 Terreno eocenico 6 Argille scagliose, ferruginose e gessose. . . 8 Gessi del miocene inferiore ivi Calcere concrezionati con silice. 9 CAPITOLO II. — Origine delle macalube e degli idrocarburi sparsi nelle marne ed argille del miocene inferiore 12 Causa della serie alternativa di straterelli di sabbia e di marna nel miocene inferiore. 20 CAPITOLO III. — Causa e modo di formazione delle frane — Mezzi per ripararvi — Influenza delle frane durante le epoche miocenica e pliocenica sulle formazioni corrispondenti 21	CAPITOLO IV. — Rocce del miocene superiore . . . 26 Calcere perciulato ivi Arenazzolo ivi Trubi o Calcere marnoso a foraminiferi . . 27 Genesis del Briscale 31 Origine dei gessi del miocene superiore . . 33 Esplorazione delle solfare. 35 CAPITOLO V. — Determinazione stratigrafica di un giacimento solifero coll' esame della direzione dei cristalli 38 Durata delle solfare. 49 CAPITOLO VI. — Ipotesi dell' autore dello scritto sulla genesis del minerale di zolfo 51 Genesis delle piriti. 66 CONCLUSIONI 69
---	---

R. Comitato Geologico d'Italia

Mottura, Regione solfifera di Sicilia

Appendice

